

KOKEMUKSIA JA OPITTUA LISÄTYN TODELLISUUDEN OPETUSKÄYTÖSTÄ



Joanna Kalalahti

**Kolmiulotteiset ja mobiilit
oppimis- ja osallistumisympäristöt**
AVO2 / 3DM-osahankkeen julkaisuja

3DM

Kokemuksia ja opittua lisätyn todellisuuden opetuskäytöstä

Joanna Kalalahti

Julkaisija: Tampereen yliopiston informaatiotieteiden yksikkö SIS, TRIM-tutkimuskeskus
Kansi: Leena Koskimäki
Taitto: Joanna Kalalahti

Tämä teos on julkaistu sekä CC-BY-SA -lisenssin versiolla 3.0. Teoksen jatkokäyttö on sallittu lisenssin ehtojen mukaisesti. Tiivistäen: Saat kopioida, jakaa, muokata ja jaella muokkaamiasi versioita kunhan noudatat lisenssin ehtoja. Muokkaamasi teos on lisensoitava samalla lisenssillä. Muokatuissa teoksissa on mainittava käytetty lisenssi ja oltava hyperlinkki lisenssitekstiin tai koko lisenssiteksti. Alkuperäisen teoksen lähde on ilmoitettava ja siihen liittyvät tekijänoikeusmerkinnät on säilytettävä.

Yksityiskohtaisempaa lisätietoa saat täydellisestä lisenssitekstistä:
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

ISBN (verkkojulkaisu): 978-951-44-9485-7

Sisällys

Lukijalle	i
1. Johdanto	1
2. Tutkittua tietoa lisätyn todellisuuden opetuskäytöstä	5
2.1 Mitä hyötyä lisäystä todellisuudesta on oppimiselle?	5
2.1.1 Lisätty todellisuus tilallisen hahmottamisen tukena	9
2.1.2 Lisätty todellisuus muistamisen ja ymmärtämisen tukena	11
2.1.3 Lisätty todellisuus kognitiivisena tukena abstraktin ja konkreettisen välisissä siirtymissä	13
2.1.4 Lisätty todellisuus autenttisisissa ympäristöissä tapahtuvan oppimisen tukena ja autenttisia vastaavien tilanteiden simulointi	13
2.2 Lisätyn todellisuuden oppimisvaikutuksia selittäviä teorioita	15
2.3 Olemassaolevat jäsennykset ja taksonomit	21
2.4 Lisätyn todellisuuden taustalla olevat teknologiat ja niiden vaikutukset opetussovellusten toteuttamiseen	26
2.5 Lisätyn todellisuuden opetuskäytön haasteita	30
2.6 Millä tavoin lisätyn todellisuuden oppimissovelluksia tulisi suunnitella?	33
3. AVO2-hankkeessa toteutetut sovelluspilotit	37
3.1 Proseduraalisten taitojen opiskelu: WC:n ylläpitosiivouksen opettelu kodinhuoltajaopinnoissa	37
3.1.1 Sovelluksen suunnitteluprosessi	37
3.1.2 Sovelluksen käytön testaus	44
3.1.3 Sovelluksen teknisestä toteutuksesta	53
3.1.4 Pohdintaa	54
3.2 Autenttiseen ympäristöön viety paikkatietopohjainen opetussovellus: Metsäopetuspolku	56
3.2.1 Sovelluksen suunnitteluprosessi	56
3.2.2 Sovelluksen käytön testaus	61
3.2.3 Sovelluksen teknisestä toteutuksesta	63
3.2.4 Pohdintaa	64
3.3 Havainnollistaminen ja visualisointi: Käsisumvalkokangas ja kolmiulotteisten objektien augmentointi	65
4. Lisätyn todellisuuden sovellusten opetuskäytön malleja	67
4.1 Minkälaisia asioista voidaan tarjota lisätietoa lisätyn todellisuuden avulla?	68
4.1.1 Ulkoympäristön kohteen havainnollistaminen lisätyn todellisuuden avulla	71
4.1.2 Kirjojen ja julkaisujen elävöittäminen lisätyn todellisuuden avulla	72
4.1.3 Oppilaiden ja opiskelijoiden itsensä tuottama sisältö	72
4.2 Minkälaista havainnollistettava lisätieto voi olla?	73
4.2.1 Kolmiulotteiset mallit	74
4.2.2 Muunlaisia augmentointeja	74
4.2.3 Kuinka lisätyn todellisuuden selainsovelluksista saadaan vuorovaikutteisia?	75
4.2.1 Miten augmentointien toteutustavat eroavat lisätyn todellisuuden selaimissa?	79
Lähteet	85

Lukijalle

Lisätty todellisuus on teknologia, joka mahdollistaa virtuaalisen sisällön yhdistämisen reaaliaikaisesti fyysiseen näkymään. Lisätyn todellisuuden sovellukset herättävät voimakkaita wow-reaktioita, mutta aidosti hyödyllisten käyttötapojen löytäminen on pidemmän päälle tärkeää. Opetuskäyttö on yksi mahdollinen ja paljon kiinnostusta herättänyt lisätyn todellisuuden sovellusalue. Miten lisättyä todellisuutta voi ja kannattaisi opetuksessa hyödyntää, ja minkälaisen asioiden oppimisen tueksi se soveltuu? Näihin kysymyksiin on haettu vastauksia vuosina 2012–2014 Tampereen yliopiston informaatitieteiden yksikössä osana ESR-rahoitteista *Avoimuudesta voimaa oppimisverkostoihin (AVO2)* -hankkeen toimintaa.

Hankekauden aikana on käyty läpi lisätyn todellisuuden opetuskäytöstä kirjoitettuja materiaaleja ja tutkimuksia, joiden antia on koostettu tähän julkaisuun. Kiteyttäen voit todeta, että mitään pitkälle yleistettävää tutkimustietoa lisätyn todellisuuden opetuskäytön mahdollisuuksista ei toistaiseksi ole saatavilla. Aihealueella toteutettavan tutkimuksen määrä on kuitenkin lisääntynyt voimakkaasti, ja tähänastisen tutkimuksen ongelmat ja puutteet ovat toimijakentän tiedossa. Lähivuosien odotukset uuden tutkimustiedon osalta ovat siis korkealla.

Julkaisussa esitellään myös AVO2-hankkeen aikana toteutettuja pilottisovelluksia ja -toteutuksia. Hankkeessa kehitetty pienoiversio sumuvalkokankaasta on tilalliseen yhdessä opiskeluun soveltuva edullinen innovaatio, joka on herättänyt kiinnostusta alan konferensseissa. Laitteen teknologiaa ja sovellusmahdollisuuksia kehitetään edelleen, ja opetuskokeiluita on tarkoitus tehdä vuoden 2014 aikana. Hankkeessa toteutetut pilottisovellukset WC:n ylläpitosiivouksen tueksi kodinhuoltajaopiskelijoille ja paikkatietopohjainen metsäopetuspolku eivät lopulta ole varsinaista tiukimpien määritelmien mukaan lisättyä todellisuutta. Niiden toteutus oli kuitenkin hyvä oppitunti siitä, että teknologiaa ei tulisi hyödyntää pelkästään sen itsensä vuoksi — kohderyhmän tarpeiden kuunteleminen on paljon tärkeämpää. On joka tapauksessa ollut mukavaa saada sovellusten käytöstä kannustavaa palautetta. Pilottisovellukset ovat kenen tahansa hyödynnettävissä ja jatkokehitettävissä, ja lisätietoa niistä löytyy AVO-hankkeen hankewikistä¹.

Lisätyn todellisuuden sisällöntuotantomalleja on esitelty tässä julkaisussa omassa erillisessä luvussaan. Lisätyn todellisuuden helppokäyttöiset selainsovellukset tarjoavat mahdollisuuksia sovellusten toteuttamiseen – niiden hyödyntämiseen liittyvää tietoa löytyy AVO2-hankkeen aikana toteutetuista lisätyn todellisuuden selainohjeista² sekä

¹ <http://wiki.eoppimiskeskus.fi/display/AVOkoulutukset/Sovellukset>

² <http://wiki.eoppimiskeskus.fi/display/LTS>

helppokäyttöisten tuotantosovellusten vertailusta³. Näiden ohjeiden lisäksi on kuitenkin AVO2-hankkeessa toteutettujen lisätyn todellisuuden koulutusten pohjalta noussut esiin tarve avata hieman konkreettisemmin erilaisia mahdollisuuksia lisätyn todellisuuden opetussovellusten toteuttamiseen, johon tässä luvussa pyritään vastaamaan.

Lopuksi on vielä paikallaan esittää kiitokset tämän julkaisun toteuttamisessa avustaneille sekä julkaisussa kuvattujen pilottisovellusten toteuttamisessa mukana olleille henkilöille. Antti Sandille kiitokset pilottisovellusten teknisestä toteutuksesta ja teknisen toteutuksen kuvaamisesta tämän julkaisun luvuissa 3.1.3 ja 3.2.3. Ismo Rakkolaiselle kiitokset sumuvalkokankaan pienoisisversion kehittämistyöstä hankkeessa ja avusta sumuvalkokankaan totetutuskuvauksen kirjoittamisessa tämän julkaisun lukuun 3.3. Leena Koskimäkeä kiitän sekä julkaisun kansien toteutuksesta että avusta lisätyn todellisuuden sovellusten teknologiataulukon laatimisessa julkaisun sivulla 28. Kiitokset WC:n ylläpitosiivoussovelluksen toteutuksessa mukana olleille Tuula Rantaselle, Leena Koivistolle, Kaisu Nymanille ja kodinhuoltajaopiskelijoille Koulutuskeskus Salpaukseen. Kiitän myös metsäopetuspolkusovelluksen toteutuksessa mukana olleita Ulla Konkarikoskea ja Anne Niittylahtea Suomen metsäkeskuksesta sekä Sampo Juhajokea Suomen 4H-liitosta.

Tampereella maaliskuussa 2014

Joanna Kalalahti

³ <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-44-9382-9>

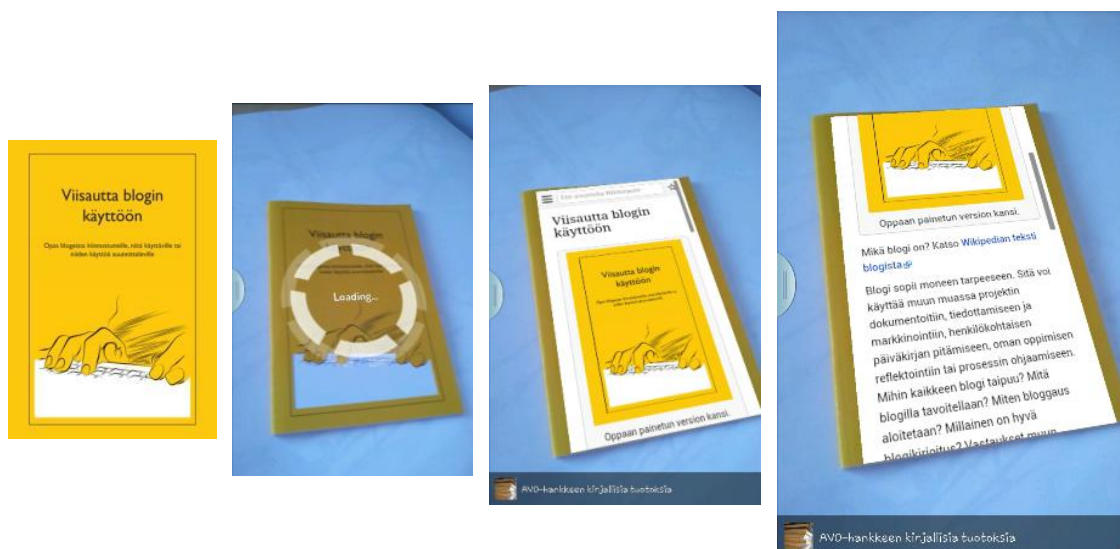
1. Johdanto

Lisätty todellisuus (Augmented Reality, AR) on mielenkiintoinen teknologia, jonka keskeinen idea on yhdistää reaaliaikaisesti virtuaalisia objekteja fyysiseen ympäristöön. Tämä voi tapahtua esimerkiksi mobiililaitteilla toimivien sovellusten avulla, jolloin käyttäjä katsoo ympäristöään ikään kuin mobiililaitteensa läpi saaden näytölle erilaista virtuaalista lisätietoa ympäristönsä objekteista. Parhaiten asiaa havainnollistaa todennäköisesti kuva mainitunkaltaisesta sovelluksesta, joka tunnistaa paikkatiedon perusteella käyttäjän sijainnin ja osaa sen perusteella esittää tietoa lähistöllä olevista rakennuksista:



Kuva 1. Havainnekuva lisätyn todellisuuden sovelluksesta (kuvassa näkymä lisätyn todellisuuden Wikitude-selaimesta).

Kuvassa 1 esitellyn paikkatietopohjaisen lisätyn todellisuuden sovelluksen lisäksi voidaan toteuttaa kuvatunnistukseen perustuvaa lisättyä todellisuutta, jolloin sovellus tunnistaa paikkatiedon sijasta tietyn kuvan ja näyttää sen päällä virtuaalista sisältöä. Seuraavassa kuvassa on kuvasarja, joka havainnollistaa, kuinka painetun julkaisun kansikuvaa skannattaessa sen päälle avautuu näkymä julkaisuun liittyvältä www-sivulta:



Kuva 2. Havainnekuva lisätyn todellisuuden kuvatunnistuspohjaisesta sovelluksesta (kuvassa näkymä lisätyn todellisuuden Layar-selaimesta).

Lisätty todellisuus on teknologia, joka herättää voimakkaita wow-kokemuksia, ja houkutus lähteä toteuttamaan käyttäjät ällikällä lyöviä sovelluksia sen avulla on suuri. Opettaessa käyttöön niin lisättyä todellisuutta kuin mitä tahansa opetusteknologiaa on järkevää ensin käyttää hetki sen miettimiseen, milloin kyseistä teknologiaa kannattaisi hyödyntää opetuksessa, ja miten sen hyödyntäminen voidaan toteuttaa järkevällä ja oppimista tukevalla tavalla. Tässä julkaisussa pyritään tarjoamaan lukijalle katsaus lisätyn todellisuuden opetuskäytön tutkimukseen ja muuhun kirjallisuuteen ja pohtimaan sitä kautta kyseisen teknologian opetuksellisia hyötyjä.

Yleisesti voidaan sanoa, että suurin osa tutkimuksesta on hyvin rajattuihin opetuskokemuksiin painottunutta. Vertailuja lisätyn todellisuuden opetuksellisista hyödyistä suhteessa perinteisempään tai muiden menetelmien avulla toteutettuun opetukseen ei liiaksi löydy. Toisaalta kirjallisuuden kautta näyttäisi kuitenkin hahmottuvan muutamia lupaavanoloisia lisätyn todellisuuden opetuskäytön kohteita. Kirjallisuudesta löytyy myös lupaavaa pohdintaa mahdollisista selittävästä tekijöistä, miksi lisätty todellisuus kyseisissä käyttötarkoituksissa näyttäisi toimivan.

Olemassaolevaa kirjallisuutta on hyödynnetty rakennettaessa karkeaa luokitusmatriisia lisätyn todellisuuden opetussovellusten tyypeistä ja niiden potentiaalisista käyttökohteista. Matriisin on tarkoitus auttaa lisätyn todellisuuden opetuskäyttöä harkitsevaa puntaroimaan oikeantyyppisen sovelluksen valintaa halutuista oppimistavoitteista lähtien.

Osana hanketoimintaa kehitettiin myös erilaisia lisätyn todellisuuden oppimissovelluksia tavoitteena selvittää näiden sovelluspilottien kautta lisätyn todellisuuden opetuksellisia hyötyjä. Pilottien toteutusprosesseja on kuvattu myös omassa pääluvussaan. Pilotit saatiin toteutettua vaihtelevalla menestyksellä, ja kokemuksia niiden opetuskäytöstä on kerätty vaihtelevalla tarkkuudella. Vaikka toteutetut pilotit eivät lopulta täyttäneet

kaikilta osin tiukempien lisätyn todellisuuden kriteereitä, saatiin kuitenkin arvokasta kokemusta siitä, minkälaisia haasteita sovellusten kehittämisessä voidaan kohdata.

Julkaisun viimeinen pääluku pyrkii kiteyttämään lisätyn todellisuuden sovellusten tuotantoon liittyviä hyväksi havaittuja toiminta- ja ajatusmalleja koskien helppokäyttöisiä lisätyn todellisuuden selainsovelluksia. Koska mahdollisuudet tuottaa sisältöjä ovat niillä melko rajalliset koskien esimerkiksi sovellusten vuorovaikutteisuutta ja toiminnallisuuksia, pyritään tarjoamaan näiden mahdollisuuksien laajentamiseksi erilaisia kiertoiteitä yhdistämällä niihin erilaisia verkkopalveluita.

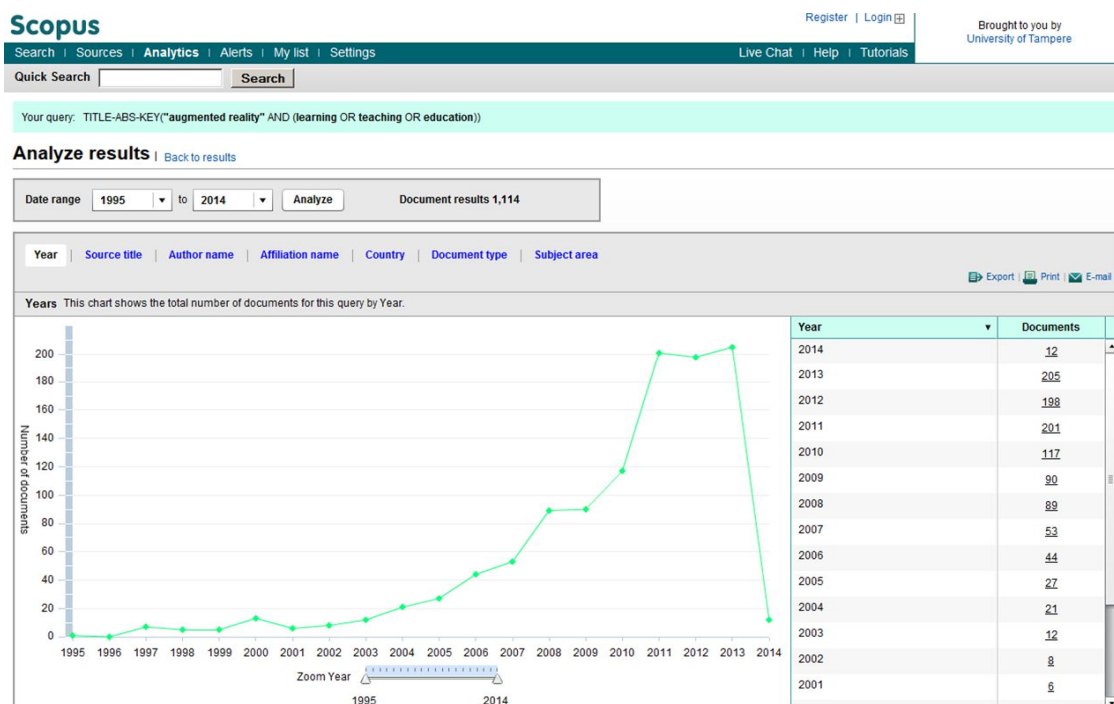
2. Tutkittua tietoa lisätyn todellisuuden opetuskäytöstä

Tässä luvussa esitetään tiiviisti tutkimustuloksia lisätyn todellisuuden opetuskäytöstä tehdyistä tutkimuksista. Tutkimusten pohjalta lisätyn todellisuuden opetuskäytön mahdollisuuksia on pyritty jaottelemaan käyttöönottoa harkitsevan kannalta olennaisella ja kiinnostavalla tavalla: minkä tyyppisten asioiden opetukseen lisätty todellisuus näyttäisi sopivan, minkälaisen oppimiskäsityksen ja niistä seuraavien menetelmien kanssa lisätty todellisuus näyttäisi toimivan ja minkä tyyppisellä laitteistolla lisättyä todellisuutta (mobiili, tietokone, tilallinen projektio jne.) kannattaisi lähteä toteuttamaan haluttuun tarkoitukseen.

Jaottelun pohjaksi AVO2-hankkeen aikana läpikäydyt aineistot eivät ole valikoituneet mukaan systemaattisella otannalla, vaan perustuvat vuosina 2012–2013 AVO2-hankkeen aikana läpikäytyihin ja monista eri tiedonlähteistä haettuihin ja vastaan satumanvaraisestikin tulleet kirjallisuuteen. Hakuja on tehty myös Scopus- ja World of Science -viitetietokannoista sekä seitsemästä kasvatustieteellisen alan tärkeimmästä tietokannasta (EBSCOhost Academic Search Premier, Education Research Complete (EBSCO), ERIC (ProQuest), Social Services Abstracts(ProQuest), Sociological Abstracts (ProQuest), PsycINFO (ProQuest), PsycARTICLES (OVID)). Hakuja on tehty pääsääntöisesti termeillä (tai vastaavilla suomenkielisillä hakutermeillä) *Topic = ("augmented reality" OR "mixed reality") AND Topic = ("learning" OR "teaching" OR "education")*.

2.1 Mitä hyötyä lisätystä todellisuudesta on oppimiselle?

Lisätyn todellisuuden opetuskäyttöä koskevaa kirjallisuutta löytyy jo parin vuosikymmenen ajalta, erityisesti 2000-luvun puolivälistä eteenpäin kirjallisuuden määrä on selvästi kasvanut ja erityisen jyrkästi se on noussut vuosina 2010–2011 (kuva 3).



Kuva 3. Hakutulosten määrä Scopus-viitetietokannassa hakutermillä "augmented reality" AND (learning OR teaching OR education).

Hakutulosten joukosta löytyy niin tutkimuksia aihealueelta kuin yrityksiä jäsentää ilmiötä.

Huomattava on, että tutkimukset ja niiden tulokset ovat pitkälti eri mitallisia, osin kvalitatiivisia ja osin kvantitatiivisia, hyvin erilaisia asetelmiltaan, yksittäisiin opetuskokeiluihin keskittyneitä ja kohderyhmät ovat olleet monissa tapauksissa hyvin pieniä. Monissa lisätyn todellisuuden opetuskäyttöä koskevilla tutkimuksilla puuttuvat vertailevat asetelmat, eikä näin ollen voida täysin varmasti sanoa, onko havaittu oppimisen tehokkuus seurausta esimerkiksi lisätyn todellisuuden toteutuksissakin taustalla olevista tutkivan oppimisen menetelmistä, kokeillun teknologian uutuudesta vai itse teknologiasta. Mahdotonta on myös sanoa, ovatko havaitut vaikutukset pysyviä vai kertaluontoisia.

Suurin osa lisätyn todellisuuden oppimissovelluksista on eri projekteissa toteutettuja tiettyyn käyttöön soveltuvia prototyyppisiä, joten niiden arvioiminen laajemmin on hankalaa. Vaikka lisätty todellisuus auttaisi oppimaan joitakin asioita paremmin, on vaikea vastata kysymykseen sen todellisesta hyödystä luokkahuoneessa, sillä opetuksen laatu syntyy useista eri tekijöistä, joita voi olla vaikea saattaa mitattavaan muotoon (Billinghurst & Dünser 2012).

Edellä mainituista syistä johtuen tutkimustuloksiin on syytä suhtautua varauksella, eikä tuloksia voi vielä yleistää. Tutkimustuloksista on kuitenkin havaittavissa jonkinlaisia suuntaviivoja sille, minkälaisen asioiden opetuksessa lisätystä todellisuudesta voisi olla hyötyä. Systemaattisempaa tutkimusta onkin peräänkuulutettu juuri näiden

käyttökohteiden osalta. Esiin on haluttu tässä nostaa joitakin potentiaalisimpia sovellus-alueita lisätyn todellisuuden hyödyntämiseen opetuksessa:

- Tilallisen hahmottamisen tukeminen
- Muistin ja ymmärryksen tukena toimiminen
- Kognitiivisena tukena (scaffold) toimiminen siirryttäessä abstraktien ja konkreettisten oppisisältöjen välillä
- Oppimisen vieminen autenttisiin ympäristöihin ja autenttisia vastaavien tilanteiden simulointi

Kuhunkin kategoriaan liittyviä tutkimustuloksia on esitetty tiivistetysti seuraavissa aliluvuissa 2.1.1–2.1.4.

Kun puhutaan lisätyn todellisuuden opetuskäytön mahdollisuuksista, on keskeistä ymmärtää lisätyn todellisuuden erityislaatu verrattuna muihin opetusteknologioihin. Olen-naista olisi koettaa löytää lisätyn todellisuuden vahvuusalueita ja hahmottaa, minkä tyyppisten asioiden opetukseen se parhaiten sopii. Esimerkiksi pelien opetuskäytöstä kirjoittaessaan Prensky (2007, 80–82, 155–156) korostaa, että koska on erityyppistä oppimista, oppimispelitkin tulisi suunnitella ja valita sen mukaan, minkälaista oppimis-ta tavoitellaan. Samankaltainen ajattelu tulee esiin myös otettaessa lähtökohdaksi Bloomin ja myöhemmin Andersonin et al (2001) uudistamaa osaamistavoitteiden tak-sonomia, tai Gagnén et al vastaavanlainen jaottelu (2005). Kraiger et al (1993) ovat myös kiinnittäneet huomiota siihen kuinka opetusteknologian käytön tehokkuutta arvi-oitaessa oppimista ei saisi ajatella yksiulotteisena rakenteena määrittämättä erilaisia osaamistavoitteita (ks. myös Jenkinson (2009) yleisemminkin opetusteknologian vai-kuttavuuden tutkimuksesta). He ehdottavat osaamistavoitteiden luokittelun pohjaksi mm. Bloomin ja Gagnén jaotteluiden pohjalta rakentamaansa tiedollisiin, taidollisiin ja affektiivisiin osaamistavoitteisiin perustuvaa jaottelua, johon he liittävät myös osaami-sen arviointiin ja mittaamiseen liittyviä suosituksia. Tämän tapainen ajatusmalli on poh-jalla myös tässä raportissa alustavasti kehitellyssä lisätyn todellisuuden opetuskäytön luokitusmatriisissa (luku 2.6).

Carmichaelin et al (2012) mukaan erityistä lisätyssä todellisuudessa ja sen opetukselle tarjoamissa eduissa on sen mahdollistama automaattisesti ja aivan ilmaiseksi mukana tuleva fyysinen todellisuus monenlaisine objekteineen ja mahdollisuus hyödyntää kaik-kia aisteja sovelluksia käytettäessä. Toisaalta lisätty todellisuus tuo mukanaan jous-tavuutta, koska fyysiseen ympäristöön lisättäviä virtuaalisia objekteja voi muokata va-paasti ja niiden avulla voidaan esittää sellaista, mikä olisi muutoin mahdotonta. Lisätty todellisuus tarjoaa myös näkymättömän käyttöliittymän, joka mahdollistaa toiminnan reaali-maailmassa manipuloiden suoraan objekteja. Reaali-maailman objekteista voidaan

tehdä käyttöliittymän osia ja voidaan puhua opportunistisista kontrolleista⁴. Näin ollen lisätty todellisuus mahdollistaa toiminnan fokuksen säilymisen yhdessä paikassa, jolloin huomiota ei tarvitse suunnata samanaikaisesti kahteen eri kohteeseen — esimerkiksi manipuloitavaan kohteeseen ja sen käyttöohjeeseen — vaan ne voidaan toteuttaa toisiinsa nivotusti. Lisäksi tilannetietoisuus mahdollistuu, kun toimintaympäristöön liittyvä virtuaalinen sisältö muuttuu ympäristön muutosten tai käyttäjän näkökulman vaihdoksen myötä, ja tieto muutoksista välittyy käyttäjälle helposti fyysisiin objekteihin liittyvien virtuaalisten ilmoitusten myötä. Esimerkiksi ydinvoimalan näkymättömiä prosesseja on voitu visualisoida lisätyn todellisuuden avulla ja siten parantaa työturvallisuutta (Eursch 2007).

Carmichael et al (2012) ovat onnistuneet tiivistämään muutaman selkeän kriteerin lisätyn todellisuuden hyödyllisyyden arvioinnille. Lisätty todellisuus on hyödyllistä silloin, kun huomion halutaan säilyvän tehtävässä kaiken aikaa eikä haluta huomion hajautuvan itse tehtävästä muualle. Myös silloin lisätty todellisuus on hyödyllistä, kun halutaan tukea luonnollisia käyttöliittymiä ja kohteen suoran manipuloinnin mahdollisuutta. Virtuaalisen objektin ja reaaliaikailman välillä on oltava selkeä ja merkityksellinen suhde, jotta lisättyä todellisuutta kannattaa hyödyntää: *"When reality doesn't play a prominent role in the application, it is difficult to make a meaningful connection between virtual and real objects."* Myös tilannesidonnaisen merkityksen tarjoaminen virtuaaliselle tiedolle on yksi hyödyllisyyden kriteeri lisätylle todellisuudelle. (Carmichael et al 2012.)

Edellä kuvatut piirteet ovat yleisesti lisätyn todellisuuden sovelluksiin liittyviä. Dunleavy & Dede (2013) tunnistavat yhdelle alaryhmälle eli lisätyn todellisuuden pelillisille paikkatietosovelluksille tyypillisiä ja ainutkertaisia affordansseja:

- Mahdollisuus esittää oppijaryhmälle useanlaisia, epätäydellisiä ja toisiaan täydentäviä näkökulmia ongelmaan, joka sijoittuu fyysiseen ympäristöön. Kyseinen affordanssi mahdollistaa esimerkiksi jigsaw-menetelmän tai erotellun roolipelimenetelmän käyttämisen. Lisäksi on mahdollisuus hyödyntää taustalla ongelmaperusteista tarinaa, johon oppijat hakevat pelatessaan ratkaisuja.
- Lisätty todellisuus mahdollistaa fyysisen ja digitaalisen ympäristön yhdistämisen, jolloin fyysinen tila saa uuden ulottuvuuden, kun siihen lisätään virtuaalista sisältöä, jota opiskelijat voivat tarkkailla, manipuloida ja analysoida.
- Mahdollisuus hyödyntää peliympäristön ulkopuolisia resursseja ja sovelluksia.
- Lisätyn todellisuuden toteutukset lisäävät opiskelijoiden motivaatiota.

Edellä kuvatut lisätyn todellisuuden opetukseen tarjoamat edut liittyvät juurikin teknologian piirteisiin eli reaalisten ja virtuaalisten objektien yhdistämiseen reaalisessa ympäristössä, reaaliaikaiseen vuorovaikutukseen sekä virtuaalisten ja reaalisten objektien

⁴ <http://graphics.cs.columbia.edu/projects/oc/>

rekisteröintiin suhteessa toisiinsa. Näitä lisätyn todellisuuden etuja on hankala toteuttaa muiden teknologioiden avulla. (Carmichael et al 2012.)

Lopuksi on hyvä pitää mielessä, että yhdessä muiden teknologioiden kanssa lisätty todellisuus saattaa olla vieläkin tehokkaampaa kuin pelkästään käytettynä. Lisättyyn todellisuuteen voidaan yhdistää useita innovatiivisia teknologioita, kuten mobiililaitteita, puettavaa teknologiaa ja erilaisia immersoivia teknologioita. Näin lisätyn todellisuuden hyödyntämispotentiaalia ja sen mahdollistamia affordansseja voidaan laajentaa. Liian suppea tarkastelu voi aiheuttaa monien mahdollisuuksien hyödyntämättä jättämisen ja toteutettavat oppimisympäristöt voivat olla keinotekoisinkin epätodellisia. Useampia teknologioita hyödyntämällä ja yhdistelemällä oppimisympäristöistä saadaan rikkaampia ja todenmukaisempia. (Wu et al 2012.)

Kyse ei myöskään ole pelkkien teknologioiden yhteiskäytöstä, vaan sulautettuna muun opetuksen kanssa toimivaksi kokonaisuudeksi lisätty todellisuus kuten mikä tahansa muukin teknologia lienee parhaimmillaan. Myös Billingham & Dünser (2012) korostavat lisätyn todellisuuden olevan tehokkaimmillaan perinteisten opetusmenetelmien täydentäjänä. Opiskelijat voidaan myös laittaa itse toteuttamaan lisätyn todellisuuden sovelluksia, jolloin he oppivat samalla kertaa sisältöalueesta ja motivoituvat paremmin opiskelemaan.

2.1.1 Lisätty todellisuus tilallisen hahmottamisen tukena

Spatiaalisen eli tilallisen tiedon oppiminen on joillekin opiskelijoille hankalaa, etenkin jos siihen liittyy monimutkaisia käsitteitä ja ilmiöitä. Tilallisia ilmiöitä on hankala esittää kaksiulotteisesti. Lisätty todellisuus voi ainutlaatuisen käyttöliittymänsä kautta tarjota tiettyjä etuja kolmiulotteisten objektien katseluun ja manipulointiin. (Shelton & Hedley 2002.)

Quarles et al (2008) tutkivat, kuinka vuorovaikutus lisätyn todellisuuden mahdollistaman käsinkosketeltavan käyttöliittymän (Tangible User Interface, TUI) kanssa vaikuttaa tilalliseen hahmottamiseen. Tätä haluttiin selvittää, koska anestesiakoneen käyttöä opeteltaessa on havaittu, että joidenkin opiskelijoiden on vaikea siirtää abstraktia mallia toimintaperiaatteista fyysiseen koneeseen. Tutkimustulosten mukaan käsinkosketeltavan käyttöliittymän käyttäjät pystyivät ymmärtämään ja visualisoimaan mielessään kaasunvirtauksen tehokkaasti riippumatta tilallisen hahmottamisen kyvyistään. Toisaalta niillä graafisen käyttöliittymän käyttäjillä, joilla oli huonompi tilallinen hahmotuskyky, oli enemmän vaikeuksia visualisoida kaasuvirtausta oikeassa anestesiakoneessa. Näin ollen erityisesti huonon tilallisen hahmotuskyvyn omaavat hyötyvät käsinkosketeltavasta käyttöliittymästä verrattuna graafiseen ja fyysiseen käyttöliittymään. Parantunut hahmottaminen johtuu todennäköisesti käsinkosketeltavan käyttöliittymän kyvystä yhdistää fyysinen, toiminnan kohteena oleva objekti ja siihen liittyvät virtuaaliset objektit, mikä parantaa tilallista hahmottamista. Muihin fyysisen ja abstraktin

yhdistäviin käyttöliittymiin verrattuna lisätyn todellisuuden etu on, että se pystyy tarjoamaan myös käyttäjän toteuttamiin toimenpiteisiin (esimerkiksi kaasuvirtauksen säättäminen laitteella) suoraa, dynaamisesti simuloitua palautetta laitteen päälle heijastetun virtuaalisen objektin avulla.

Gutiérrez et al (2010) tutkivat lisätyn todellisuuden vaikutusta opintojaan aloittavien insinööriopiskelijoiden tilalliseen hahmotuskykyyn. Koska osalla opiskelijoista hahmotuskyky on huono, heille on tarjottu lyhyitä kertauskursseja aiheesta. Lisätyn todellisuuden keinoin toteutettiin kertauskursseille oppikirja, jota käytetään tietokoneen webbikameran avulla. Opiskelusta haluttiin tehdä ennen kaikkea kiinnostavampaa ja oppimisesta tehokkaampaa havainnollistamalla erilaisia muotoja kolmiulotteisesti. Vertailevassa tutkimuksessa perinteisesti ja uudenlaisen oppimateriaalin avulla opiskelevien opiskelijoiden välillä havaittiin merkittävä ero tilallisessa hahmotuskyvyssä viikon opiskelurupeaman jälkeen: lisätyn todellisuuden avulla opiskelevan ryhmän oppimistulokset olivat parantuneet todella paljon. Myös toteutetun tyytyväisyyskyselyn mukaan lisätyn todellisuuden avulla opiskelleet opiskelijat olivat todella tyytyväisiä uuteen tapaan oppia.

Yksi esimerkki tilallisen hahmottamisen haasteista liittyy maan ja auringon välisiin suhteisiin ja niiden vaikutuksiin valoon, lämpötilaan sekä niiden päivittäiseen ja vuodenaikaan liittyvään vaihteluun. Heikko ymmärrys maan ja auringon välisistä suhteista yliopiston maantiedon peruskursseilla voi vaikuttaa väärinymmärryksiä tai vaikeuksina ymmärtää asioita myöhemmissä opinnoissa, mistä syystä perusperiaatteiden ymmärtäminen on olennaista monimutkaisempien ilmiöiden ymmärtämiseksi. Myös keskittämällä paremmilla oppijoilla saattaa olla vaikeuksia hahmottaa abstrakteja visuaalisia yhteyksiä maan aseman ja kallistuskulman osalta. Fyysisten kolmiulotteisten objektien käyttöä on kokeiltu opetuksessa, mutta silti opiskelijoilla on ilmennyt vaikeuksia. Yliopiston maantiedon kesäkurssille toteutettiin maan ja auringon välisiä suhteita havainnollistavia malleja lisätyn todellisuuden avulla. Malleja katsottiin lisätyn todellisuuden päänäytön avulla. Tutkimustuloksissa havaittiin, että opiskelijoiden käsitteellinen ja faktuaalinen ymmärrys aiheesta parantui yleisesti. Väärinymmärrykset faktuaalisen tiedon osalta vähenivät. Suurinta edistystä oli havaittavissa niillä opiskelijoilla, joiden lähtökohdat olivat heikoimmat. (Shelton & Hedley 2002.)

Lisätyn todellisuuden hyödyntämistä geometrian opetuksessa on myös kokeiltu kolmiulotteista hahmottamista ja objektien fyysistä manipulointia mahdollistavan järjestelmän avulla. Järjestelmän käytettävyyttä ja soveltuvuutta opetukseen on tutkittu erilaisin kyselyin sovelluksen kehittämistyön lomassa. Järjestelmän avulla opiskelijat kykenivät suoriutumaan annetuista geometrian tehtävistä nopeasti, eivätkä tarvinneet juurikaan opastusta. Opiskelijat pitivät lisätyn todellisuuden sovelluksesta — hyvää sovelluksessa oli opiskelijoiden mielestä sen mahdollistama liikkuminen tilassa geometrysten objektien ympärillä, mikä mahdollisti niiden tarkastelemisen eri perspektiiveistä.

Käytettävyysselvityksessä saatiin varsin hyviä arvosanoja, ja erityisesti soveltuvuus oppimiseen ja tehtävään saivat erityisen korkeita arvosanoja. Mahdollisia avaintekijöitä lisätyn todellisuuden avulla geometrian opetukseen kehitetyn sovelluksen toimivuuteen ovat sen mahdollistama spatiaalinen suhde käyttäjän kehon ja geometrisen objektin välillä kolmiulotteisessa avaruudessa: käyttäjät näkevät oman kehon ja kätensä toimissaan ja samoin toimintojensa vaikutukset työskennellessään. Sovelluksen käyttö tempaa opiskelijat mukaansa ja muistuttaa enemmän käsityötä kuin perinteistä tietokoneen käyttämistä. (Kaufmann 2004; Kaufmann & Schmalstieg 2003.)

2.1.2 Lisätty todellisuus muistamisen ja ymmärtämisen tukena

Valimont et al (2002) tutkivat lisätyn todellisuuden vaikutusta oppimiseen ja muistamiseen. Taustaoletuksena oli, että lisätty todellisuus voisi vaikuttaa parantavasti asioiden mieleenpainamiseen (uuden ja olemassaolevan tiedon yhdistyminen), muistamiseen ja opitun siirtovaikutukseen, koska lisätty todellisuus mahdollistaa useiden assosiaatioiden syntymisen pystyessään hyödyntämään useita eri aistikanavia. Lisätty todellisuus mahdollistaa saman oppimisympäristön ja sovellusympäristön hyödyntämisen, koska lisätyn todellisuuden sovellusten perusta on reaali maailmassa, ja opitun siirtovaikutuksen (transfer) tutkimusten mukaan tiedon muistaminen on tehokkainta, kun oppimisympäristön ja sovellusympäristön välillä on samankaltaisuuksia. Lisätty todellisuus edistää myös spatiaalista kognitiota, ja tilallisesti koodattu tieto on avuksi assosiaatioiden rakentumiselle muistissa, sillä tilallinen informaatio prosessoidaan automaattisesti visuaalisen näkymän siirtyessä pitkäkestoiseen muistiin. Spatiaalisten vihjeiden käyttö muistisääntöinä on todettu olevan tehokasta muistamisen kannalta. Tutkimuksen mukaan erilaisten koeryhmien (lisätty todellisuus, video, interaktiivinen video ja paperi) välillä ei ollut merkittäviä eroja muistamisessa testattaessa heti kokeen jälkeen. Lisätyn todellisuuden avulla opetellut ryhmä muisti kuitenkin parhaiten, ja pidemmän ajan kuluessa kokeen jälkeen ero lisätyn todellisuuden ja toiseksi parhaan muun käsittelyn ryhmän välillä kasvoi. Koehenkilöitä oli kuitenkin vain vähän, ja tutkijat peräävät lisää tutkimusta aiheesta.

Billinghurst & Dünser (2012) tuovat esiin joitakin esimerkkejä, joissa lisätystä todellisuudesta näyttäisi olevan hyötyä oppimiselle muistamisen ja siihen kytkeytyvän ymmärtämisen näkökulmasta. Lisätyn todellisuuden avulla toteutettu tarinallinen kirja auttoi muistamaan paremmin sekä edisti luetun ymmärtämistä heikommilla oppilailla niiden osioiden osalta, joissa oli hyödynnetty lisättyä todellisuutta, kun pelkistä perinteisistä tekstiosioista vain paremmat oppilaat muistivat merkittävästi enemmän. Vuorovaikutteisuus sisältöjen kanssa oli merkittävässä asemassa sisältöihin uppoutumisen näkökulmasta, ja kirjoja ajateltiinkin tavallaan peleinä. Kirjat mahdollistivat myös useamman oppimistyylin hyödyntämisen. Myös sellaiset aiheet, joihin liittyy tilallista hahmottamista, ovat otollisia lisätyn todellisuuden hyödyntämiselle. Sähkömagnetismia käsittelevän oppimateriaalin osalta tehtiin vertaileva tutkimus, jossa osa

opiskelijoista opiskeli perinteisen painetun materiaalin avulla ja osa muutoin samansisältöisen kirjan avulla, jossa oli mukana lisättyä todellisuutta. Uudenlaisen materiaalin avulla opiskelleet vastasivat opiskelun jälkeen toteutettuun kyselyyn enemmän oikein heti opiskelun jälkeen sekä myös neljä viikkoa myöhemmin. Tässäkin vuorovaikutteinen ja visuaalinen esitystapa näyttivät parantavan asioiden oppimista.

Lisätyn todellisuuden käyttöä on tutkittu tiedemuseoiden tarjoamassa informaalin oppimisen kontekstissa (Elinich 2011; Yoon et al 2012a; Yoon et al 2012b; Yoon & Wang 2014). Tiedemuseoissa tapahtuva informaali oppiminen mm. erilaisten näyttelylaitteiden kokeilun kautta saa aikaan mm. myönteistä asennoitumista ja lisää kiinnostusta tieteeseen, mutta mittaukselliset tieteellisen tiedon osalta eivät anna viitteitä lisääntyneestä tiedosta. Jotta opitun vaikutukset olisivat myös tiedolliseen puoleen kohdistuvia, erilaisia tiedonrakentelua tukevia menetelmiä, jotka eivät kuitenkaan vaikuttaisi negatiivisesti tiedemuseo-oppimisen elämykselliseen ja informaaliin luonteeseen, on kokeiltu. Lisätty todellisuus voisi olla yksi keino integroida formaalia sisältöä pienissä annoksissa elämyksellisen kokeilun lomaan.

Tiedemuseoon on muun muassa toteutettu kaksi erilaista koeasetelmaa magnetismin ymmärtämiseksi, joista toisessa museossa vierailevien opiskelijoiden tutkittavana oli tavallinen sauvamagneettipari ja toisessa sauvamagneettiparin lisäksi sovellus, joka havainnollisti magneettikenttien käyttäytymistä tietokoneen avulla augmentoituna sen mukaan, kun magneettisia kappaleita liikuteltiin eri tavoin. Tutkimustulosten mukaan lisätyn todellisuuden sovellus lisäsi magneettien tutkimiseen käytettyä aikaa verrattuna pelkkien magneettien tutkimiseen — tällä on tutkimusten mukaan positiivisia vaikutuksia oppimiseen. Myös erilaisissa tutkituissa kognitiiviseen toimintaan liittyvissä kriittisten ajattelutaitojen ulottuvuuksissa (osallistuminen, tulkinta, tiimityö, ongelmien tunnistaminen, assosiointi, vertailu) lisätyn todellisuuden sovellus sai aikaan pelkän magneetin tutkimista korkeampia tuloksia, joskaan ei merkittäviä muilla kuin tiimityön ulottuvuudella. Lisätyn todellisuuden toteutus lisäsi yhteistyötä opiskelijoiden välillä heidän tutkiessaan magneettia. Tutkimuksessa toteutettiin myös haastatteluja lisätyn todellisuuden sovellusta kokeilleille oppilaille — lisätyn todellisuuden vahvuutena oli haastattelujen perusteella erityisesti kyky havainnollistaa silmältä normaalisti näkymättömiä ilmiöitä sekä sen mukanaan tuoma dynaaminen esitystapa. (Yoon & Wang 2014, 52–53.) Toisessa tutkimuksessa tiedemuseossa käytettiin sähkönjohtavuutta havainnollistavaa tilallista lisätyn todellisuuden sovellusta ja verrattiin sen käyttöä versioon, jossa ei ollut mukana lisätyn todellisuuden elementtejä. Havaittiin, että lisätyn todellisuuden sovellusta käyttäneet oppilaat osoittivat merkittävästi parantunutta käsitteellistä ymmärrystä verrattuna kontrolliryhmään. Parannusta oli havaittavissa myös sähkönjohtavuuteen liittyvissä kriittisissä ajattelutaidoissa. (Yoon et al 2012b, 167).

2.1.3 Lisätty todellisuus kognitiivisena tukena abstraktin ja konkreettisen välisissä siirtymissä

Paitsi opitun parempaan ymmärtämiseen tähtäävänä kognitiivisena tukena, lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää kognitiivisena tukena myös fokusoidummin abstraktin ja konkreettisen välisissä siirtymissä. Quarles et al (2009) tutkivat sekoitetun todellisuuden hyödyntämistä kognitiivisena tukena anestesiakoneen käyttöä opeteltaessa siirryttäessä abstraktista tietoaaineksesta konkreettiseen koneen käyttöön. Siirtyminen tapahtui alkaen täysin virtuaalisesta toimintaperiaatteen simulaatiosta edeten lisätyn todellisuuden avulla toteutetun virtuaalista ja abstraktia tietoaainesta yhdistävän sovelluksen kautta oikean anestesiakoneen käyttöön. Tutkimusasetelmassa oli mukana myös välimuotoja kolmen päävaiheen välillä, jotta siirtymät abstraktiotasolta toiselle saataisiin toteutettua mahdollisimman pehmeästi. Esimerkiksi anestesiakoneen päälle tablet-laitteella esitettyjen augmentointien lisäksi mukana oli tietokoneella toteutettu vastaavanlainen toteutus, jossa erona oli se, että anestesiakone esitettiin valokuvan avulla eikä konkreettisesti.

Tutkimustulosten mukaan virtuaalisen mallin käyttö abstraktien käsitteiden oppimisessa oli tehokas, ja vastaavasti anestesiakoneen käyttö proseduraalisten käsitteiden opettamisessa tehokas, mutta siirryttäessä abstraktista konkreettiseen augmentoitu anestesiakone paransi opitun siirtovaikutusta näiden kahden ääripään välillä. Mahdollisuus operoida oikealla anestesiakoneella tablet-laitteella toteutetun augmentoidun lisätidon avulla vaikutti parantavan opitun siirtovaikutusta eli transferia enemmän kuin asetelmassa, jossa anestesiakone esitettiin vain valokuvana tietokoneen kautta. Suora vuorovaikutus koneen kanssa ja aito konteksti saattaisivat olla paremmuutta selittäviä syitä, mutta myös käyttäjän mahdollisuus itse säädellä tarkastelunäkökulmaansa sen mukaan tarkasteleeko hän jotakin yksityiskohtaa vai kokonaisuutta voisi olla selittävä tekijä. Tutkimustulosten mukaan myös erilaiset, asteittaisia siirtymiä abstraktista konkreettiseen tukevat simulaatiotyypit yhdessä käytettynä toimivat tehokkaana kognitiivisena tukena. (Quarles et al 2009.)

2.1.4 Lisätty todellisuus autenttisissa ympäristöissä tapahtuvan oppimisen tukena ja autenttisia vastaavien tilanteiden simulointi

Tärkein lisätyn todellisuuden tarjoama affordanssi on sen uniikki kyky tuottaa immerssiivisiä ja hybridejä oppimisympäristöjä, joissa yhdistyvät digitaaliset ja fyysiset objektit. Näissä ympäristöissä on mahdollista kehittää prosessitaitoja, kuten kriittinen ajattelu, ongelmanratkaisu ja kommunikointi yhteistoiminnallisesti ratkaistavien tehtävien kautta. Kuvatunkaltaiset oppimisympäristöt pohjautuvat muun muassa situationaalisen oppimisen teoriaan, jossa keskeistä on, että oppiminen on tiiviisti kytketty tiettyyn fyysiseen ja kulttuuriseen kontekstiin. Olennaista on yksilön ja ympäristön välinen suhde. Lisätty todellisuus mahdollistaa myös fiktiivisen tarinan integroimisen todelliseen ja tuttuun fyysiseen ympäristöön. (Dunleavy et al 2009.)

Dunleavy & Dede (2013) tunnistavat analyysissään neljä tutkimusryhmää, jotka ovat paneutuneet tutkimaan mobiilin, kontekstittietoisen lisätyn todellisuuden opettamista ja oppimista parantavaan vaikutukseen. Tutkimusryhmien toteuttamasta tutkimuksesta he ovat löytäneet seitsemäntoista erillistä toteutusta ja simulaatiota.

Perusideana näissä toteutuksissa on taustalta löytyvä kehystarina. Simulaatiopelin kuluessa ratkaistava ongelma esitetään opiskelijoille pelin alussa, ja opiskelijat lähtevät ratkomaan sitä pienryhmissä. Mobiililaitteiden avulla opiskelijat kulkevat läpi pelin fyysisen ympäristön saaden paikkatietoperustaisia vihjeitä lisätiedon saamiseksi mm. pelialueelle sijoitelluilta virtuaalisilta hahmoilta tai virtuaalisista toimintapisteistä, joissa voidaan suorittaa erilaisia tehtäviä. Kootun aineiston pohjalta opiskelijat pyrkivät ratkaisemaan alkuperäisen ongelman. Olemassaolevien simulaatiopelien teemat ja sisältöalueet sekä oppimistavoitteet vaihtelevat pelistä toiseen, samoin niiden kohderyhmät.

Rosenbaumin et al (2007) kuvaama tutkimus *Outbreak @ The Institute* -nimisen opetussovelluksen käytöstä kuuluu laajempaan tilannesidonnaisten oppimissimulaatioiden (situated simulations) tutkimusten sarjaan, joissa on hyödynnetty lisättyä todellisuutta. Pelin ideana oli tutkia influenssavirusten leviämistä simuloiden sitä opiskelijoiden käyttämien mobiilisovellusten avulla ja valjastamalla opiskelijat erilaisiin todenmukaisiin rooleihin, joista käsin he pystyivät myös kontrolloimaan virusten leviämistä ja hoitamaan virustartuntojen uhreiksi joutuneita pelaajia. Opiskelijat kokivat simulaation mahdollistavan autenttisuuden – tämä kävi ilmi heidän verbaalisista ja fyysisistä reaktioista virtuaalisiin pelissä esiintyviin virustauteihin (esimerkiksi pelko saada tartunta ja mahdollisesti tartunnan saaneiden pelaajien välttely pelissä). Opiskelijoiden henkilökohtaisten pelitavoitteiden merkitykset myös muuttuivat pelin kuluessa sen temmatessa mukaan: alun perin tavoitteena saattoi olla oppiminen ja tartuntojen rajoittaminen, kun pelin kuluessa henkilökohtaiset terveenä pysymisen tavoitteet korostuivat. Pelirooleihin myös samastuttiin – esimerkiksi lääkärin roolissa oleva henkilö saattoi kokea vastuuta toimia roolin edellyttämällä tavalla. Pelinkulun dynaamisuus ymmärrettiin ja sitä kautta omien toimien vaikutus pelikokonaisuuteen. Varsinaista immersoitumista, uppoutumista peliin ei koettu samassa määrin kuin paikkasidonnaisemmissa peleissä – pelin konteksti oli keinotekoinen suhteessa sen aiheeseen (oppilaitoksen tilat), ja peli olisi ollut siirrettävissä mihin tahansa muuhun vastaavaan ympäristöön. (Rosenbaum et al 2007.)

Alien Contact! -peli on lisätyn todellisuuden simulaatio, joka mahdollistaa laajan oppiainevalikoiman (matematiikka, kielet, tiedelukutaito) opiskelun esimerkiksi koulun pihalla tai muussa epämuodollisessa kontekstissa. Olennaista pelille on tarinalisuus ja vapaaseen kyselyyn perustuva toimintatapa. Peli on toteutettu yläkoulu- ja lukioikäisille oppilaille. Pelin toiminnallisen rungon muodostavat sen tarjoamat augmentoidut lisätiedot (video, audio, teksti), kun opiskelijat ovat fyysisesti lähellä tiettyä paikkasidonnaista digitaalista peliartefaktia. Niiden kautta pelaajat saavat navigointi- ja yhteistyövihjeitä sekä erilaisia tiedollisia haasteita ratkottavakseen. Pelaajat on jaettu

joukkueisiin, joissa kullakin on oma erillinen roolinsa. Pelissä on perimmäisenä tehtävänä selvittää, miksi avaruusoliot ovat saapuneet maahan, ja vastauksen selvittäminen vaatii opiskelijoiden tekemää yhteistyötä ja tiedonjakamista, sillä jokaisen oppilaan saama tieto on yksilöityä kunkin roolin mukaan. Opettajat voivat pelin kautta painottaa joustavasti erilaisia sisältöjä. (Dunleavy et al 2009.)

Tutkimuksessa havaittiin vahvaa opiskelijoiden sitoutumista kaikissa kolmessa casessa. Sellaisetkin opiskelijat, jotka eivät aikaisemmin juurikaan osallistuneet aktiivisesti, osallistuivat nyt ja olivat kiinnostuneita oppimaan. Eniten motivoivaa ja sitouttavaa Alien Contact! -oppimispelissä oli Dunleavy et al (2009) mukaan:

- Mobiililaitteiden ja GPS:n hyödyntäminen oppimisessa.
- Tiedon kerääminen ulkona eli opiskelu ei-tyypillisellä tavalla. Tehtävät vaikuttivat autenttisemmilta ja opiskelijat tunsivat itsensä tiedemiehiksi.
- Tiedon hajauttaminen, positiivinen riippuvuus toisista oppilaista ja roolit. Jigsaw-pedagogiikka ja sen mahdollistama riippuvuus toisista opiskelijoista oli monen opiskelijan mukaan sitouttavinta ja kiinnostavinta. Roolit koettiin motivoiviksi.

Vastaavia toteutuksia on tehty mm. ympäristötiedon opetukseen yliopistotasolla. *Environmental Detectives* -oppimispelin tavoitteena oli, että opiskelijoille syntyisi ymmärrys tieteestä sosiaalisena käytäntönä, joka vaatii resurssien välillä tasapainoilua, useiden eri tiedonlähteiden hyödyntämistä ja yhdistämistä, hypoteesien muodostamista ja teorian ja käytännön yhteensovittamista. Peli oli totutettu opiskelijoille tuttuun yliopistoympäristöön, mutta sitä on kokeiltu myös alempien kouluasteiden opetuksessa. (Klopfer & Squire 2008.)

Lisätty todellisuus on vain yksi elementti edellä kuvatuissa oppimissimulaatioissa. Sen rooli näyttäisi olevan tärkeä juuri pelin sitomisessa autenttiseen ympäristöön, koska lisätty todellisuus pystyy yhdistämään fyysistä ja virtuaalista kiinnostavilla tavoilla. Fyysisen ympäristön roolin korostuminen on erityisen tärkeää ja sen vaikutukset ongelmanratkaisuun johtavaan ajatteluun. (O'Shea et al. 2009; Squire & Klopfer 2007; Squire et al 2007; Klopfer & Squire 2008.)

2.2 Lisätyn todellisuuden oppimisvaikutuksia selittäviä teorioita

Useissa lisätyn todellisuuden oppimiskäyttöä käsittelevissä tutkimuksissa on peräänkuulutettu paitsi tietoa siitä, onko lisätty todellisuus toimivaa oppimisen tukena, myös tietoa siitä, miksi lisätty todellisuus näyttäisi toimivan oppimista edistävästi. Billinghurst ja Dünser (2012) korostavat oppimissovellusten suunnittelun pohjaksi oppimisteorioita. Heidän mukaansa tarvitaan myös lisää tutkimusta ja tietoa siitä, miten lisätty todellisuus parantaa oppimista ja myös pitkäkestoista vaikutuksista tarvitaan tuloksia ja saavutettujen opetuksellisten hyötyjen arviointia.

Tässä luvussa on koostettu yhteen mahdollisia selittäviä tekijöitä lisätyn todellisuuden opetuskäytön hyödyille, joita aihealuetta tutkivat tahot ovat kirjallisuudessa esittäneet. Lähtökohtana tarkastelussa on pitkälti kognitiiviset prosessit, joita oppijassa tapahtuu. On tärkeä ymmärtää, että itse oppimistilanteessa oppimista tulee tarkastella näitä prosesseja laajemmin, koko kontekstia, joka on mukana oppimistilanteessa. Esimerkiksi vuorovaikutuksen ja tilanteen oppimista edistävien elementtien vaikutus on ensiarvoisen tärkeä. Mutta miksi vuorovaikutus ja konteksti synnyttävät tietynlaisia oppimisen kannalta tärkeitä prosesseja ja mihin tämä perustuu?

Radu et al (2012) kävivät läpi lisätyn todellisuuden oppimiskäytöstä saatuja tutkimustuloksia, ja jaottelivat positiivisia ja negatiivisia oppimisvaikutuksia. Lopuksi he esittivät arvioita siitä, mitä positiivisten oppimisvaikutusten taustalla voisi olla. Asioiden esitystavan muuttaminen toiseen muotoon luo yhden lisärepresentaation oppimiskohteesta, joka parantaa mahdollisuuksia ymmärtää asia, jos muut representaatiot eivät ole olleet yhtä toimivia. Lisätyn todellisuuden mahdollistamat luonnolliset vuorovaikutustavat saattavat vähentää oppijan kokemaa kognitiivista kuormaa, kun huomio voidaan suunnata täysin opittavaan kohteeseen ja saada samalla kertaa hahmottamista tukevaa monimediaista sisältöä. Sovellukset saattavat mahdollistaa uudella tavalla myös läsnäoloa ja kehollisuutta, kun oppiminen voi tapahtua aidoissa ympäristöissä ja oppimisen kohteena olevien ilmiöiden ja objektien manipulointi voidaan toteuttaa suoraan. Dynaamiset kolmiulotteiset simulaatiot voivat auttaa ymmärtämään hankalasti hahmotettavia asioita.

Bujak et al (2013) ovat pohtineet lisätyn todellisuuden psykologista teoriaperustaa opetuksellisten etujen ja rajoitteiden kautta. Taustalla olevia selittäviä teorioita ovat heidän mukaansa kehollinen kognitio (*embodied cognition*), tilallinen kognitio (*spatial cognition*) sekä multimediaoppimisen teoria (*multimedia learning theory*). Näiden teorioiden kautta he esittävät viitekehyksen lisätyn todellisuuden opetuskäytön perustan ymmärtämiseksi:

- Lisätty todellisuus mahdollistaa objektien suoran manipuloinnin ja laajemminkin luonnolliset vuorovaikutustavat, jotka tukevat kehollisten representaatioiden muodostumista opetuksen kohteena olevista käsitteistä. Fyysisen toiminnan ja abstraktien sisältöjen liittäminen toimintaan tukee sekä taidollisia että tiedollisia oppimistavoitteita. Asioiden muistaminen ja tilallinen hahmottuminen voivat parantua, kun opiskelijalle tarjotaan manipuloinnin kautta myös liikkeeseen perustuva tapa oppia. Objektien suora manipulointi on mahdollista myös fyysisten objektien avulla (esimerkiksi matematiikan opetuksessa käytettävät manipulatiivit), mutta niihin ei voi liittää abstraktia tietoa siinä määrin kuin lisätyn todellisuuden avulla toteutettuihin. Lisätyn todellisuuden oppimissovellusten ollessa kyseessä on toki tarpeen myös huomioida kolmiulotteisten käyttöliittymien käytön edellytykset (ks. esim. Bowman et al 2005).

- Informaation tilallis-ajallinen limittyminen lisätyn todellisuuden oppimissovelluksessa tukee abstraktien käsitteiden parempaa ymmärtämistä. Fyysisten objektien yhteydet abstrakteihin käsitteisiin eivät ole välttämättä selviä oppijoille. Lisätty todellisuus voi auttaa symbolisten ja näkymättömien ilmiöiden oppimisessa ja mahdollistaa sellaisten asioiden nopean simuloinnin ja abstraktin tiedon kytkemisen konkreettiseen, joka muuten veisi liian paljon aikaa. Kun abstraktia tietoa yhdistetään fyysisiin objekteihin, on myös varottava aiheuttamasta negatiivisia vaikutuksia, jos työohjeita vain sokeasti noudatetaan eikä aidosti opetella asiaa (vrt. Gavish et al 2011; Yuviler-Gavish et al. 2011). Tätä voidaan tukea asteittain vähenevien kognitiivisten tukien (*scaffold*) avulla.
- Lisätty todellisuus luo mahdollisuuksia yhteistoiminnalliseen oppimiseen ja helpottaa henkilökohtaisesti merkittävien oppimiskokemusten syntymistä affektiivisen komponentin avulla. Läsnaolon kokemuksen synnyttävät oppimiskokemukset ovat tehokkaita, koska tunnereaktio oppimistilanteessa mahdollistaa kokemuksen muisteluun jälkikäteen ja sitä kautta sen liittämisen olemassaoleviin tietorakenteisiin (vrt. Mantovani & Castelnovo 2003; Mantovani 2001). Tietyn ikäiset nuoret saattavat pitää fyysisiä manipulatiiveja leumaisina ja lapsellisina, eikä niiden avulla opiskelu välttämättä motivoi — lisätty todellisuus mahdollistaa virtuaaliset manipulatiivit, ja nuorten suosimat mobiililaitteet luovat otollisen maaperän niiden käytölle. Yhdessä tekemisen tiedetään tehostavan oppimista, ja lisätty todellisuus mahdollistaa fyysisten vuorovaikutusmuotojen säilyttämisen verrattuna täysin virtuaalisiin ympäristöihin.

Cheng & Tsai (2012) jaottelevat läpikäymistään lisätyn todellisuuden oppimiskäyttöön liittyvistä artikkeleista löytyviä teoreettisia ja käsitteellisiä selittäviä rakenteita sen mukaan, miten ne liittyvät heidän tekemäänsä erotteluun kuvatunnistus pohjaisen ja paikka-tietopohjaisen lisätyn todellisuuden kanssa:

- Lisätty todellisuus mahdollistaa aikaisempaa parempia mahdollisuuksia luoda representaatio siitä, miten jokin asia toimii todellisuudessa. Näin se parantaa mahdollisuuksia muodostaa sisäisesti mahdollisimman todellisuutta vastaava representaatio asiasta. Mentaalisten mallien muodostuminen voi liittyä käsitteelliseen ymmärtämiseen, tehtävän toteuttamiseen eli käytännön taitoihin sekä päättelyyn tai ongelmanratkaisuun. Mentaaliset mallit rakentuvat sekä kuvatunnistus- että paikka-tietopohjaisessa lisätyssä todellisuudessa.
- Lisätyn todellisuuden mahdollistama tilallinen kognitio liittyy tietoon tai uskomuksiin objektin tai tapahtuman tilallisista ominaisuuksista (koko, muoto, paikka tai suunta). Tilallinen kognitio voidaan huomioida sekä kuvapohjaisessa että paikkatietopohjaisessa lisätyssä todellisuudessa.
- Situationaalisen kognition teoria perustuu ajatukseen, että oppimista ei voida erottaa siihen laajemmin liittyvästä toiminnasta, kontekstista ja kulttuurista, ja

paikkatietoon perustuvat lisätyn todellisuuden opetustoteutukset ottavat myös nämä ulottuvuudet huomioon sekä hyödyntävät niitä oppimisen tehostajana.

- Sosiaalis-konstruktivistinen oppiminen perustuu ajatukseen oppimisen tiedonrakentelusta aikaisempaa osaamista hyödyntäen ja muokaten uuden tiedon valossa yhdessä muiden kanssa, tämä ulottuvuus nähdään myös toteutuvan paikkatietopohjaisen lisätyn todellisuuden avulla.

Billinghurst ja Dünser (2012) näkevät lisätyn todellisuuden vahvuutena sen mahdollistamat useammat mediakanavat, jotka toimivat oppimista tukevasti. Monimediaisten sisältöjen kautta voidaan hyödyntää kuvia, ääntä ja liikettä ja voidaan tukea eri oppimispreferensseja ja -tyylejä. Lisätty todellisuus soveltuu useanlaisille oppijoille, erityisesti sellaisille jotka oppivat liikkeen, visuaalisuuden tai muiden ei-tekstipohjaisten menetelmien kautta. Billinghurstin ja Dünserin omat tutkimustulokset tukevat aikaisempia tutkimustuloksia, joiden mukaan multimodaalisuus ja vuorovaikutteisuus lisäävät paneutumista ja uppoutumista ja siten tukevat oppimista. Tunnettujen multimediaoppimisen teorioiden mukaan vuorovaikutteisuus voi lisätä oppimista aktivoimalla pitkäkestoisessa muistissa olevaa tietoa, jolloin aivot yhdistävät sen uuteen tietoon. Myös opitun siirtovaikutus, transfer, paranee. Vuorovaikutteisesti opiskelevat opiskelijat työskentelevät ahkerammin ymmärtääkseen materiaalin ja arvioivat materiaalin kiinnostavammaksi.

Carmichael et al (2012) ovat erottaneet lisätyn todellisuuden oppimiskäytön taustalta seuraavia kognitiivisia teorioita, jotka tarjoavat selityksiä sen opetuksellisille hyödyille. Sellaiset lisätyn todellisuuden sovellukset, jotka sijoittuvat luonnollisesti näihin neljään kategoriaan hyötyvät eniten ko. teknologiasta:

- Lisätty todellisuus voi auttaa mentaalisten mallien rakentamisessa tai muokkaamisessa. Mentaaliset mallit ovat ajatteluun ja toimintaan vaikuttavia representaatioita maailmasta, joita ihminen rakentaa kaiken aikaa havaitessaan. Erityistä hyötyä lisäystä todellisuudesta mahdollisimman paljon todenmukaisten mallien rakentamiselle on silloin, kun oppimisen kohde ja siihen liittyvä teoria eivät selkeästi käy ilmi kohdetta tutkimalla ja havaitsemalla.
- Lisätty todellisuus mahdollistaa virtuaalisten artefaktien toteuttamisen ja siten hajautetun kognition. Hajautettu kognitio kattaa kaikkien niiden sisäisten ja ulkoisten tekijöiden koordinoinnin, jotka vaikuttavat tiedollisiin prosesseihin. Vaikuttavia asioita voivat olla toimintaympäristö, ihmisten muodostama verkosto ja käytetyt artefaktit. Artefaktit toimivat mentaalisten mallien ulkoistajina. Lisätyn todellisuuden keinoin toteutetut virtuaaliset artefaktit ovat joustavia ja niitä voidaan muokata tilanteen mukaan ja ympäristöön sopiviksi. Tilannetietoisuuden mahdollistamana ne esiintyvät oikeaan aikaan ja oikeassa paikassa. Hyvin tilallisesti sijoitellut artefaktit helpottavat myös toiminnan sujuvuutta, kun käyttäjän ei tarvitse pysähtyä tietoisesti

ja suunnata huomiota pois suorittamastaan tehtävästä hakeakseen siihen liittyvää lisätietoa jostakin toiminnan ulkopuolisesta lähteestä.

- Lisätty todellisuus mahdollistaa kontekstin huomioimisen, sillä toiminta voidaan viedä autenttiseen ympäristöön osaksi autenttista toimintaa, mutta abstrakti tieto voidaan tarjota teknologian keinoin yhdistyneenä kontekstiin. Situationaalisen kognition teoriassa huomio kohdistuu siihen, missä tehtävä tai toiminta tapahtuu eli kontekstin luovaan fyysiseen maailmaan ja lisäksi toiminnassa mukana olevaan yhteisöön. Hyvä esimerkki lisätyn todellisuuden kytkemisestä tiettyyn kontekstiin on Anastassovan ja Burkhardtin (2008) tutkimus automekaanikkojen työssäoppimisesta. Lisätty todellisuus nähtiin mahdollisena teknologiana, koska se mahdollistaa automekaanikkojen luontevan työ- ja oppimisympäristön kytkemisen — augmentoitien avulla pystyttiin simuloimaan erilaisia autoihin liittyviä, työssä vastaan tulevia tilanteita, joiden tiimoilta automekaanikot pystyivät jakamaan tietoa keskustellen normaalissa työympäristössään. Kun oppimisympäristöstä voidaan tehdä mahdollisimman aito, myös opitun siirtovaikutus eli transfer mahdollistuu.
- Lisätty todellisuus mahdollistaa myös kehollisuuden kytkemisen oppimistilanteeseen manipuloitavien virtuaalisten mallien avulla. Kehollisen kognition teorian mukaan nimensäkin mukaisesti kehollisuudella nähdään olevan merkitystä tiedollisten prosessien kannalta. Keholliseen kognitioon sisältyy kolmenlaista vuorovaikutusta: 1) suora objektien manipulointi ilman välissä olevia välineitä 2) fyysiset muistisäännöt, jotka sitovat muistettavat asiat merkityksellisiin paikkoihin ja 3) eletoiminnot. Fyysisen mallin manipulointi mahdollistaa siihen liittyvän virtuaalisen tiedon muutosten samanaikaisen näkymisen ja kytkeytymisen keholliseen toimintaan.

Ulkona toteutettavien paikkatietopohjaisten lisätyn todellisuuden pelien taustalta löytyy Dunleavyn & Deden (2013) mukaan seuraavanlainen teoriaperusta, jossa on paljon yhtymäkohtia edellä esitettyyn:

- Situationaalisen oppimisen teoria, jonka mukaan oppiminen tapahtuu tiettyssä ympäristössä, ja oppimisen laatu riippuu ihmisten, paikkojen, objektien, prosessien ja kulttuurien välisestä vuorovaikutuksesta, joka on tyypillinen juuri kyseiselle kontekstille.
- Opitun siirtovaikutus eli transfer on oppimisessa tavoitelava tila, jossa keskeistä on yhdessä tilanteessa opitun siirtyminen toiseen tilanteeseen. Mitä samankaltaisempi oppimisympäristö on soveltamisympäristön kanssa, sitä paremmin transferin nähdään toimivan.
- Konstruktivistiset oppimisteoriat, joiden mukaan merkitys on yksilön rakentamaa eikä jotakin maailmassa yksilöstä riippumatta olevaa. Uutta tietoa konstruoidaan sen perusteella mitä tiedetään ja uskotaan, ja sitä muokkaa yksilön kehitystaso, aikaisemmat kokemukset, sosiokulttuurinen tausta ja konteksti. Tieto on upotettuna siihen ympäristöön, missä sitä käytetään. Opetus voi parantaa oppimista tarjoamalla

rikkaita, löyhärakenteisia kokemuksia ja ohjausta, joka rohkaisee merkitysten rakentamiseen tarjoamatta tiettyjä ennalta määritettyjä tietoja ja taitoja.

Quarles et al (2009) näkevät sekoitetun todellisuuden (ja lisätyn todellisuuden yhtenä osana sitä) opetuskäytön mahdollisuudet sen toimiessa kognitiivisena tukena (*scaffolds*) siirryttäessä abstraktista oppiaineesta sen konkreettiseen soveltamiseen. Opetuksellisten tukien tarjoama opastus vähenee asteittain, kun opiskelijan osaaminen lisääntyy. Tuen asteittainen vähentäminen on tärkeää etenkin proseduraalisia toimenpiteitä opeteltaessa, jotta oppija ei toimi vain tarjottujen tukien varassa vaan pystyy asteittain siirtymään itsenäiseen työskentelyyn (Gavish et al 2011; Yuviler-Gavish et al. 2011). On tärkeää, että itsenäinen oppiminen uusissa vastaantulevissa haasteissa mahdollistuu. Asteittain vähenevät kognitiiviset tuet, jotka mahdollistavat monenlaiset representaatiot opittavasta asiasta siirryttäessä abstraktista konkreettiseen tietoihin ovat hyödyllisiä opeteltaessa hankalia käsitteitä.

Tutkimuksessa anestesiakoneen käytön opiskelusta anestesiakoneen käyttäjälle päällepäin näkymättömien toimintaperiaatteiden nähtiin edustavat abstraktia representaatiota koneen toimintaan liittyvästä tiedosta, ja anestesiakone itsessään toimi konkreettisena representaationa, joka tarjoaa konkreettisen, fyysisen ja aisteihin perustuvan kokemuksen ja luonnollisen toimintakontekstin. Se on tehokas opeteltaessa proseduraalisia käsitteitä ja psykomotorisia taitoja, kuten anestesiakoneen konkreettista käyttöä. Koska myös abstrakti malli on tärkeä oppia, anestesiakoneen käytön opetteluun tueksi toteutettiin päällepäin näkymättömiä sisäisiä toimintaperiaatteita havainnollistavia augmentointeja joita voitiin katsoa tablet-laitteella. Niiden avulla opiskelijat pystyivät yhdistämään tärkeän abstraktin mallin anestesiakoneen toimintaperiaatteista (esimerkiksi kaasun virtaus ja siihen liittyvät muutokset koneen kontrolleja säädettyäessä) koneen konkreettiseen käyttöön. Opiskelijat saavuttavat laajemman ymmärryksen oppiessaan sekä abstraktin mallin että konkreettiseen koneeseen liittyvät toimintaperiaatteet, mikä on erityisen tärkeää niinkin kriittisen järjestelmän ollessa kyseessä kuin anestesiakone, jonka käytön virheet voivat olla kohtalokkaita. Useampi representaatio parantaa käsitteen ymmärrystä, se vähentää käsitteiden ylikysinkertaistamista, mikä on noviiseilla tyypillinen virhe. Samalla opitun siirtovaikutus paranee. (Quarles et al 2009.)

Monet edellä esitetyistä teorioista tulevat esiin useissa artikkeleissa, joissa pohditaan mahdollisia syitä lisätyn todellisuuden opetuskäytön hyödyllisyydelle. Tiivistetysti seuraavanlaisia potentiaalisia selittäviä teorioita nousi esiin lisätyn todellisuuden opetuskäytön taustalta läpikäydyistä aineistoista:

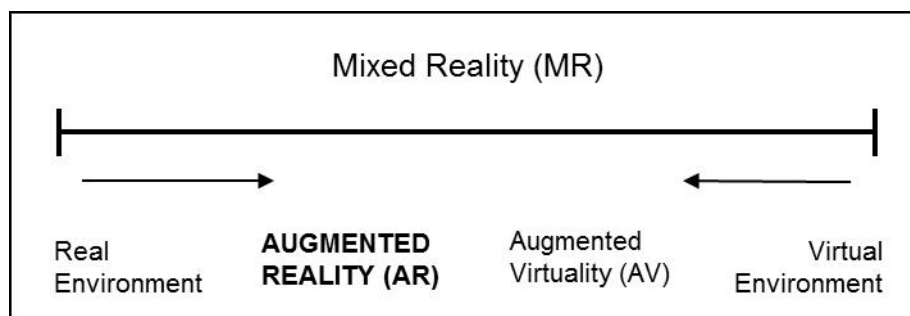
- Kehollinen kognitio
- Tilallinen kognitio
- Multimediaoppimisen teoria
- Mentaaliset mallit

- Tilallinen kognitio
- Hajautettu kognitio
- Opitun siirtovaikutus (transfer)
- Kognitiiviset tuet (scaffolding learning)
- (Sosio)-konstruktivistinen oppimisteoria

2.3 Olemassaolevat jäsennykset ja taksonomiat

Tähän lukuun on koottu erilaisia luokituksia ja taksonomioita, joiden avulla lisätyn todellisuuden oppimissovelluksia on koetettu jäsentää olemassa olevan tutkimuskirjallisuuden ja asiaa pohtineiden toimijoiden näkemysten kautta. Luokitukset eivät ole keskenään yhteismitallisia, ja niissä lisätyn todellisuuden opetuskäyttöä on tarkasteltu erilaisten näkökulmien kautta. Jäsentelyt ovat uudehkon opetusteknologian haltuunottamiseksi tärkeitä ja ymmärrettäviä, mutta jotta niistä olisi konkreettista hyötyä käytännön toimijoille eli lisätyn todellisuuden opetuskäyttöä harkitseville opettajille, tarpeen olisi lähestyä asiaa toiminnallisemmasta näkökulmasta. Tästä syystä pyrkimyksenä on paitsi tiivistää lopulta yhteen jäsentelyjen kaikkein olennaisimmat piirteet, myös koostaa työkalumainen taksonomia, jota voidaan käyttää apuna pohdittaessa lisätyn todellisuuden käytön aloittamista tai arvioitaessa erityyppisten lisätyn todellisuuden sovellusten soveltuvuutta kulloiseenkin tarpeeseen ja erityyppisten asioiden oppimiseen.

Lähtökohtana lisätyn todellisuuden sovellusten jäsentelylle käytetään usein Milgramin ja Kishinin (1994) tunnettua jatkumoa, joka havainnollistaa lisätyn todellisuuden sijoitumista suhteessa reaali- ja virtuaaliympäristöihin (kuva 4).



Kuva 4. Virtuality continuum (Milgram & Kishino 1994).

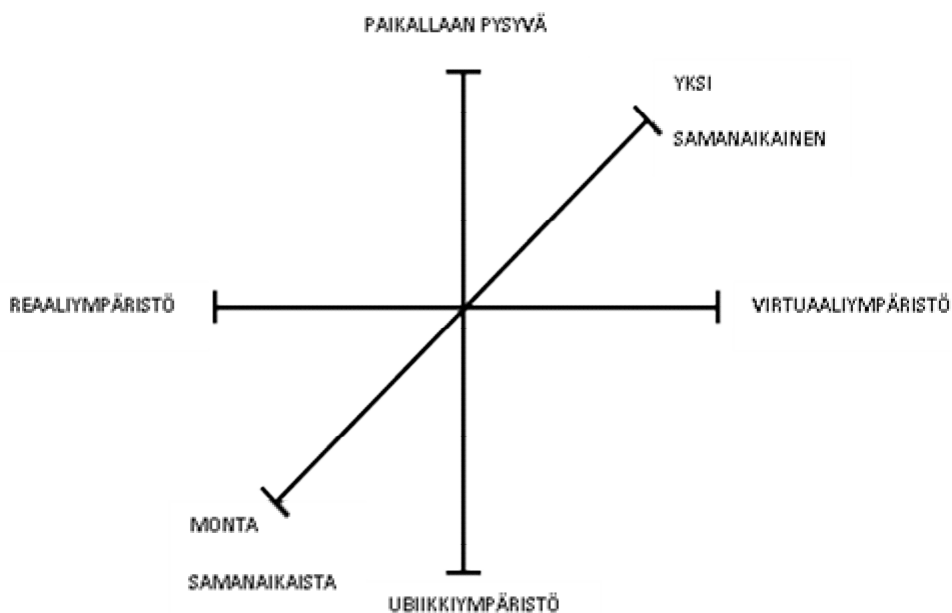
Jatkumolla lisätty todellisuus sijoittuu lähemmäs reaalimaailmaa. Tämä tuokin hyvin esiin lisätyn todellisuuden otollisimman käyttöalueen: kun toiminnan perusta on reaalimaailmassa, lisätty todellisuus on potentiaalinen valinta (Carmichael et al 2012). Fyysisessä ympäristössä esimerkiksi näkymättömissä olevien asioiden esiin nostaminen ja havainnollistaminen tuomalla virtuaalisia elementtejä näkyville on esimerkki siitä, milloin lisätty todellisuus toimii. Toisaalta myös voimakas peruste lisätyn todellisuuden hyödyntämiselle on reaalisen ja virtuaalisen tai abstraktin ja konkreettisen yhdistäminen. Esimerkiksi aikaisemmin mainituista tutkimuksista Quarlesin tutkimukset tuovat

hyvin esiin sen, miten siirtyminen abstraktista aineksesta konkreettiseen on mahdollista ylittää lisätyn todellisuuden avulla.

Quarles et al (2009) lisäsivät Milgramin ja Kishinon virtuality–reality -jatkumon oheen informaatiojatkumon ja vuorovaikutus-jatkumon. Näiden kolmen jatkumon muodostaman Scaffolding–Space -jatkumon (SSC) avulla voidaan löytää tehokas tapa hyödyntää lisättyä todellisuutta oppimisen kognitiivisena tukena. Taustalla ovat tutkimustulokset, joiden mukaan asteittainen siirtyminen toimintaperiaatteita koskevasta abstraktista esityksestä kohti konkreettista toimintaa helpottaa oppimista ja parantaa oppimistuloksia. Jatkumoina voidaan käyttää visuaalisina luokitteluvälineinä, joiden avulla voidaan päättellä missä kohtaa tarvitaan lisää kognitiivisia tukia, kun siirrytään abstraktista esityksestä kohti konkreettista toimintaa.

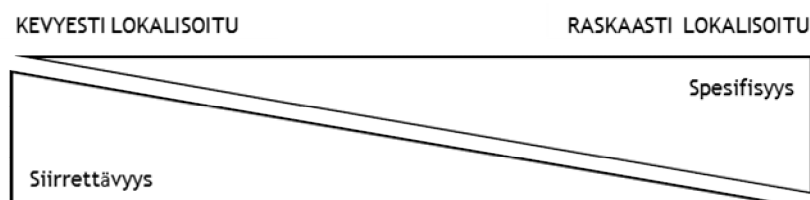
Scaffolding–Space -jatkumo luokittelee teknologian keinoin toteutetut kognitiiviset tuet kolmeen ortogonaaliseen jatkumoon, joista ensimmäinen on sama kuin Milgramin & Kishinon jatkumo eli virtuaalisuus-jatkumo. Toinen on informaatio-jatkumo (konkreettisesta abstraktiin), jolla kuvataan siirtymä perustana olevan tiedon kannalta abstraktista ymmärryksestä aina käytännön toimintaan (esimerkiksi ymmärrys auton moottorin toiminnasta abstraktissa päässä jatkumoa ja autolla ajaminen ja sen kautta saavutettu kokemus ja käytännön ymmärrys asiasta konkreettisessa päässä jatkumoa). Kolmas jatkumoina on vuorovaikutusjatkumo (konkreettisesta abstraktiin), joka kuvaa käyttäjäliittymän välitteisyyttä eli käytetäänkö konkreettista käyttäjäliittymää jota manipuloidaan suoraan vai abstraktia esitystä siitä, jota manipuloidaan esimerkiksi tietokoneen hiiren avulla. On tärkeä ymmärtää, että reaalin ei ole sama kuin konkreettinen — virtuaalisessa autosimulaattorissa informaatio on konkreettisesti opittavaa, vaikka kyseessä ei olekaan aito käyttäjäliittymä. Toisaalta tietokoneella toimivalla hiirikäyttäjäliittymällä (abstrakti) voidaan kuitenkin säätää jotakin täysin aitoa laitetta. (Quarles et al 2009.)

Newman et al (2007) (ks. myös Broll et al 2008, 41) ovat lisänneet Milgramin ja Kishinon jatkumolle myös muita ulottuvuuksia eli stationary–ubiquity -jatkumon, jolla kuvataan missä määrin lisätyn todellisuuden sovellukset ovat paikallaanpysyviä tai kaikkiallisia ja single user–multiple users -ulottuvuuden, joka ottaa kantaa sovellusten samanaikaisiin käyttäjämääriin. Näiden jatkumoiden lisääminen muodostaa nelikentän, johon lisätyn todellisuuden sovellukset voidaan sijoittaa (kuva 5).



Kuva 5. Kolmiulotteinen taksonomia sekoitetun todellisuuden ympäristöistä, jossa virtuality-jatkumoa (Milgram & Kishino 1994) on laajennettu käyttöpaikkaa ja käyttäjämääriä kuvaavilla jatkumoilla (Newman et al 2007; Broll et al 2008, 41).

Klopfer (2008, 121–127) kuvaa jatkumon (kuva 6), jolla voidaan ilmaista lokalisoinnin eli paikkasidonnaisuuden astetta lisätyn todellisuuden pelissä, miksei myös muussa paikkatietosisidonnaisessa lisätyn todellisuuden sovelluksessa. Riippuen siitä, miten kevyesti tai raskaasti lokalisoitu sovellus on, sovellusta voidaan käyttää vain tietyssä ympäristössä tai siirtää joustavasti käytettäväksi eri paikkoihin.

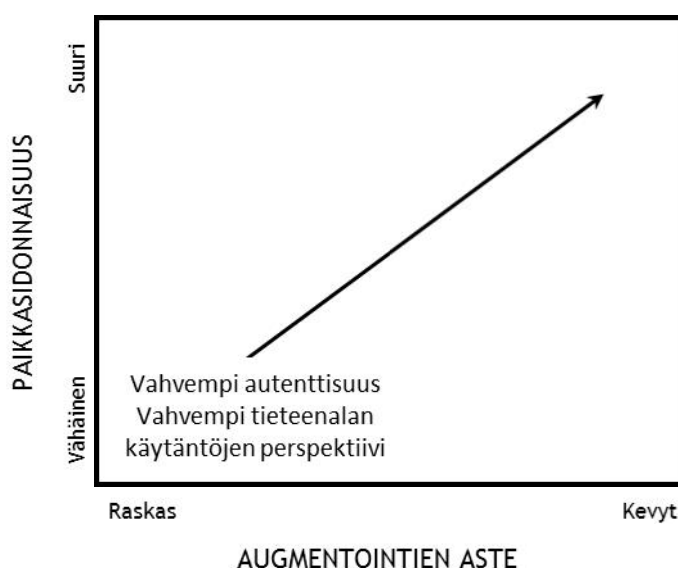


Kuva 6. Kevyesti- ja raskaasti lokaloitujen AR-pelien sidoksisuus siirrettävyyden ja spesifisyyden kanssa (Klopfer 2008, 122).

Toisaalta paikkasidonnaisuuden aste määrittää myös sitä, miten autenttiselta sovelluksen käyttö tuntuu, ja opetuspelien tapauksessa myös sitä, missä määrin tieteenalan käytäntöjen perspektiiviä (*epistemic frames*) saadaan mukaan sovellukseen — eli esimerkiksi erilaisia pelin sisälle tuotuja toimintoja jotka antavat pelaajille mahdollisuuden ajatella ja toimia kuin tiedemies. Mitä lähempänä peli on todellista ympäristöä eli paikkasidonnaisuus suuri, sen autenttisemmalta se tuntuu.

Toinen autenttisuuden tuntuun ja tieteenalan käytäntöjen perspektiivien mukanaoloon vaikuttava tekijä on augmentointien määrää sovelluksessa. Raskaasti augmentoitu ja paljon virtuaalista lisäaineistoa sisältävä sovellus todennäköisesti tekee kokemuksesta

abstraktimman ja vähentää sen vaikutusta. Kuvassa 7 nuolen suunta kertoo, millä ehdoin autenttisuuden tuntu kasvaa sovelluksessa. Optimaalisen tilanteen hakeminen on aina mietittävä tilanne- ja tieteenalakohtaisesti. Virtuaalinen lisätieto ja augmentoinnit tuovat uudenlaisia mahdollisuuksia tieteenalan käytäntöjen opetteluun aidossa ympäristössä, ja jotkut tieteenalat vaativat paljon virtuaalista informaatiota, jotta käytäntöjä voidaan simuloida pelissä. Asiaa voidaan lähestyä niinkin, että mitä paikkasidonnaisempi peli on, sitä enemmän pelaajat tuntevat yhteenkuuluvuutta paikkaan, ja mitä vähemmän paikkasidonnainen peli on, sitä enemmän pelaajat tuntevat yhteenkuuluvuutta pelin kulkuun. (Klopfer 2008, 121–127.)



Kuva 7. Augmentationin ja paikkasidonnaisuuden aste suhteessa autenttisuuteen ja tieteenalan käytäntöjen perspektiiviin (Klopfer 2008, 125).

Wu et al (2012) ehdottavat, että lisättyä todellisuutta ei tarkasteltaisi teknologiana, vaan konseptina. Heidän mukaansa tärkeää teknologioissa eivät ole ne itsessään vaan se, miten ne tukevat ja mahdollistavat merkityksellistä oppimista. Lisätyn todellisuuden ominaisuudet ja affordanssit eivät välttämättä ole uniikkeja, vaan ne voivat löytyä myös muista teknologioista ja oppimisympäristöistä. Lisätyn todellisuuden opetuskäytön kannalta opetuksellinen lähestymistapa, teknologian suunnittelun linjaukset ja oppimiskokemukset nähdään tärkeinä. Näin ollen lisätty todellisuus voidaan luokitella kolmeen kategoriaan opetuksellisia lähestymistapoja, joissa keskeisinä ovat roolit, tehtävät ja paikat. Monista lisätyn todellisuuden sovelluksista nämä piirteet erottuvatkin olennaisina elementteinä, mutta ne eivät auta teknologian käyttöönottoa tekevää opettajaa miettimään valintaansa oppimistavoitteiden kannalta. Opetuksellisen lähestymistavan valinta pitäisi olla alisteinen oppimistavoitteille eikä toisin päin.

Oppimislähtöinen näkemys lisätyn todellisuuden tarkastelussa on toki tärkeä, mutta jotta voitaisiin nostaa esiin niitä mahdollisuuksia joita nimenomaan lisätty todellisuus (tai jokin muu teknologia) opetukselle antaa, on ymmärrettävä kyseistä teknologiaa

itsessäänkin. Tarkastelua olisi syytä laajentaa vain pinnalla näkyvien ilmentymien taakse, eli pureutua siihen, miksi lisätty todellisuus on tehokasta oppimisessa ja hakea sitä kautta vastauksia kysymyksiin sen soveltuvuudesta. Mikä on tyypillisiä juuri lisätylle todellisuudelle, mutta ei muille teknologioille ja missä se on vahvemmillä kuin muut teknologiat?

Myös itse teknologiaan liittyvät tarkastelut ovat olennaisia. Vaadittavan teknologian saatavuus, toimivuus ja esimerkiksi laitealustat joilla sovellus toimii ovat tärkeitä reunaehtoja sovelluksen käytölle ja ne on tarpeen selvittää. Cuendet et al (2013) korostavat, että ei riitä pelkästään ottaa huomioon lisätyn todellisuuden oppimissovelluksen käytettävyyssnäkökohtia, vaan on olennaista myös miettiä miten sovellus integroituu luokkahuoneen työn lomaan: *"It is not simply the interaction of individual users or teams with the AR that needs a good usability, it is the smooth integration of the AR environment in the classroom workflow that is embedded in the notion of classroom usability."* Sovelluksen tulisi mahdollistaa se, että opettaja pystyy helposti johtamaan luokkahuonetyöskentelyä, jos ilmenee tarvetta ohjata työskentelyä. Myös tietoisuus oppimisympäristön ja opiskelijoiden toiminnan tilasta tulisi olla kaiken aikaa opettajan nähtävillä, jotta hän voi esimerkiksi antaa tarvittaessa lisäohjausta. Tästä syystä lisätyn todellisuuden opetussovelluksen tulisi olla riittävän joustava, jotta se mukautuu opettajan ja sitä kautta opiskelijoiden tarpeisiin ja myös sopeutua yllättäviin tapahtumiin. Minimalistinen suunnittelu on tärkeää, eikä sovellus saisi tarjota enempää tietoa ja toimintoja mitä kulloinkin on tarpeen.

Billinghurst & Dünser (2012) ovat myös listanneet eniten käytettyjä muotoja lisätyn todellisuuden oppimiskokemuksille, ja he ovat lähestyneet asiaa pitkälti käyttöliittymän näkökulmasta. Lisätyn todellisuuden kirjat ovat toinen näistä muodoista, ja kirjoissa korostuu juuri käyttöliittymän tuttuus, johon on voitu tekniikan avulla lisätä animaatiota ja muita painettuja sisältäviä täydentäviä elementtejä sekä vuorovaikutteisuutta. Kirjat myös tukevat yhteistoimintaa ja tempaavat oppijan mukaansa. Tiivistetysti tutkimustulosten mukaan käyttöliittymä on luonteva ja mahdollistaa myös sisältöjen manipuloinnin käsin. Katse- ja eleohjausta on myös mahdollista liittää haluttaessa mukaan. Virtuaaliset elementit auttavat ymmärtämään sisältöjä tavalla, joka ei olisi mahdollista staatisten kuvien avulla. Toisen sovellustyyppin muodostavat kehittyneille ja suositaan lisäksi mobiililaitteille kehitetyt oppimissovellukset, jotka voivat olla sekä sisä- että ulkokäyttöisiä. Mobiililaitteet mahdollistavat oppimiskokemuksen missä vain.

Yuen et al (2011) ovat luokitelleet lisätyn todellisuuden oppimissovelluksia seuraavasti:

1. Lisätyn todellisuuden kirjat, joiden nähdään voivan silloittaa kuilua fyysisen ja digitaalisen maailman välillä. Kirja toimii tuttuna kosketeltavana käyttöliittymänä, mikä tekee siitä helppokäyttöisen.

2. Lisätyn todellisuuden pelit, jotka voivat olla sekä kuvatunnistus- että paikkatietopohjaisia. Pelien avulla saavutetaan opiskelijoiden kiinnostus ja voidaan opettaa useita taitoja, ne tarjoavat myös vuorovaikutteisuutta oppimiseen.
3. Tutkiva oppiminen, jossa oppimisympäristönä on todellinen fyysinen maailma paikkoineen. Esimerkiksi historiallisiin paikkoihin voidaan tutustua lisätyn todellisuuden avulla, ja koulun retkillä paikkoihin tutustuttaessa paperilomakkeiden tilalla voi olla lisätyn todellisuuden avulla toteutettuja tehtäviä. Virtuaalisia aarteensintöjäkin voidaan järjestää. Myös erilaisia ilmiöitä voidaan tutkia lisätyn todellisuuden mahdollistamien virtuaalisten mallien avulla.
4. Objektien mallintaminen, jolloin olennaista on mahdollisuus tarkastella niitä eri näkökulmista ja manipuloida niitä suoraan ilman välissä olevaa tietokoneen käyttöliittymää. Mahdollisuus on myös saada reaaliaikaista palautetta. Arkkitehtuurin opetuksessa voidaan hyödyntää rakennusten virtuaalisia malleja ja skaalata sekä projisoida niitä eri tavoin.
5. Taitojen opetus eli työn askeleittaisen etenemisen tueksi voidaan toteuttaa lisätyn todellisuuden avulla työohjeita reaaliaikaisesti.

Jos ja kun halutaan päästää pelkistykseen, jaottelua voitaisiin vielä tiivistää siten, että objektien mallintamisen kategorian laajennetaan visualisoinnilla, jolloin myös lisätyn todellisuuden kirjat voidaan luokitella tähän kategoriaan. Olennaista on tehdä näkymäntö näkyväksi tai mallintaa jollakin havainnollisemmalla tavalla hankalasti ymmärrettäviä asioita — kirjahan itsessään on Billinghamin ja Dünserin (2012) jaottelun mukaan enemmänkin käyttöliittymä. Useimmat lisätyn todellisuuden oppimispelit ovat hyvin lähellä tutkivan oppimisen sovelluksia ja laajasti ajatellen tähän kategoriaan sisältyviäkin.

2.4 Lisätyn todellisuuden taustalla olevat teknologiat ja niiden vaikutukset opetussovellusten toteuttamiseen

Jotta pystyttäisiin ymmärtämään lisätyn todellisuuden luonnetta ja mahdollisuuksia teknologiana ja toisaalta minkälaista teknologiaa on tarjolla erityyppisiin lisätyn todellisuuden sovelluksiin, katsaus näihin erilaisiin teknologioihin on tarpeellinen. Spechtin et al (2011) jaottelussa tuodaan esiin seuraavanlaiset teknologiat:

- Erilaiset näytöt (projisoitu, mobiili, päänäytöt ja datalazit, tietokoneen näyttö)
- Sensorijärjestelmät (GPS, kompassi, gyroskooppi, kamera ja kuvatunnistus, RFID, infrapuna)
- Langattomat verkkoprotokollat ja standardit (WLAN, mobiiliverkot)
- Mobiililaitteet (päänäytöt ja datalazit, älypuhelimet, tablet-laitteet)
- Laitteiden käyttöjärjestelmät

- Vuorovaikutusteknologia / käyttöliittymä: miten järjestelmälle tarjotaan syötteitä käyttäjän toimesta ja miten toisaalta laite käyttäjälle vastaa (I/O) – käytetäänkö perinteisiä näppäimistöjä, kosketusnäyttöjä vai peräti eletunnistusta.
- Tägäys- ja seurantateknologiat (paikkatieto, kuva)

Teknologian tarjoamat affordanssit ja toisaalta myös rajoitteet ovat myös riippuvaisia olemassa olevasta teknologiasta ja käytön suunnittelusta. Ideaalisen lisätyn todellisuuden kehitysalustan tulisi Dunleavyn ja Deden (2013) mukaan sisältää seuraavia ominaisuuksia:

- Selainpohjainen editori
- Mahdollisuus upottaa digitaalisia objekteja ja multimediaa (kuten tekstiä, audiota ja grafiikkaa)
- Paikkatieto (kuten GPS ja kompassi)
- Erilaisten katselukulmien vaihto (satelliittikuva, karttakuva, kameranäkymä jne.)
- Arkisto sovelluksen käytön aikana kerätyille virtuaalisille objekteille
- YouTube- tai Vimeo-videoiden upottaminen
- Käyttäjien eri roolit
- Toimintojen dynaaminen laukaisu
- Upotettu arviointi
- Sovellustiedon kerääminen
- Laitteiden välinen kommunikaatio
- QR-koodien upottaminen
- Kuvatunnistuspohjaisten kolmiulotteisten mallien upottaminen
- Sosiaalisten verkostojen mahdollistaminen

Opetuskäytön kannalta on tarpeen ymmärtää edes karkealla tasolla, mitä erityyppiset lisätyn todellisuuden sovellukset vaativat taustalla olevalta teknologialta. Taulukko 1 on laadittu apuvälineeksi ei-tekniikalle kohderyhmälle, kuten opettajille, jotka eivät itse välttämättä toteuta sovelluksia. He voivat kuitenkin hyödyntää taulukkoa apuna kommunikoidessaan sovellusten toteuttajien ja teknisen tuen kanssa. Huomattava on myös, että jaottelussa on tuotu esiin tyypillisimpiä, ei kaikkia mahdollisia teknologioita. Lisätyn todellisuuden sovellukset on jaoteltu taulukossa karkeasti kahteen ryhmään, joiden merkittävin ero on se, onko sovelluksen oltava käytössä liikuttaessa vai ei. Cheng & Tsain (2012) jaottelu kahdentyypisiin sovelluksiin (paikkatietopohjaiseen ja kuvatunnistuspohjaiseen lisättyyn todellisuuteen) on jossain määrin vastaava, mutta mahdollista on myös hyödyntää kummankintyyppistä tunnistusteknologiaa samassa sovelluksessa, joten siksi sovelluksen liikuteltavuuteen perustuva jaottelu tuntuu toimivammalta. Ubiikit, kaikkialla käytettävissä olevat lisätyn todellisuuden sovellukset ovat tyypillisesti ulkoilmassa toimivia, mutta niitä voidaan hyödyntää myös sisätiloissa, mikä aiheuttaa haasteita juurikin paikannusteknologialle. Toisaalta tietyssä paikassa kiinteästi (tai lähes kiinteästi) käytettävät sovellukset ovat tyypillisesti sisätiloissa käytettäviä

sovelluksia. Useimpia niistäkin voidaan liikutella tarvittaessa, vaikka näyttötekniologia saattaa haasteita ja liikuteltavat laitteet ovat kooltaan hieman ubiikin lisätyn todellisuuden tyypillisiä laitteita suurempia ja painavampia. Mukaan on otettu myös ensisijaisesti sellaista teknologiaa, jota kouluihin on mahdollista hankkia, joten viimeisin teknologia ja uudet kokeilut rajautuvat taulukon ulkopuolelle tai ovat mukana vain mainintoina.

Taulukko 1. Lisätyn todellisuuden sovellusten taustalla olevia teknologioita ja niihin liittyviä huomioita.

	Mobiili lisätyn todellisuuden sovellus	Tietyssä paikassa toimiva sovellus
Tietoa prosessoiva laite	Kädessä pidettävät älypuhelimet, tablet-laitteet tai vastaavat pienikokoiset laitteet, sovellukset voivat hyödyntää myös verkon yli tietoa prosessoivaa tietokonetta (vrt. selainpohjaiset sovellukset)	Tietokoneet, liikeohjaimet (vrt. Kinect) ja pelikonsolit, sovellukset voivat hyödyntää myös verkon yli tietoa prosessoivaa tietokonetta (vrt. selainpohjaiset sovellukset)
Tyypilliset tiedon esittämismuodot	Kuva, ääni, tuntopalaute	Kuva, ääni, mahdollisesti myös tuntopalaute
Näyttötekniologia	Mobiililaitteen näyttö, päässä pidettävä näyttö (HMD, Head Mounted Display – datakypärä, datalasit, piilolasit) perustuen joko läpinäkyvään (Optical See-Through) tai reaaliaikaiseen videokuvateknologiaan (Video See-Through)	Esimerkiksi tietokoneen näyttö, TV, tilaan projisoitu näyttö (dataprojektori) tai mikä tahansa näyttölaite, johon tietokone voidaan kytkeä kiinni.
Laitteen käyttöjärjestelmä	Tyypillisesti älypuhelimissa ja tablet-laitteissa käyttöjärjestelmänä on Android tai iOS (jossain määrin myös Windows Phone ja BlackBerry)	Tietokoneilla tyypillisesti Windows tai iOS, liikeohjaimilla ja pelikonsoleilla omat käyttöjärjestelmänsä (jossain määrin myös Linux)
Sovellusten toteutustapa	Tyypillisesti laitteisiin ladattavia mobiilisovelluksia	WWW-selainpohjaiset sovellukset, tietokoneelle erikseen asennettavat tai ladattavat sovellukset, liikeohjaimelle tai pelikonsolille (esim. Kinect) asennettavat tai ladattavat sovellukset (konsoliin täytyy myös asentaa erillinen toimintaympäristö sovelluksia varten, esim. Microsoft Kinect for Windows Runtime tai OpenNI)
Vuorovaikutustekniologia	Kosketusnäyttö, ääniohjaus, laitteen toimiminen ohjaimena asennon ja liikkeen perusteella (kiihtyvyysanturi, gyroskooppi), eleohjaus	Tietokoneen hiiri ja näppäimistö, eleohjaus, ääniohjaus (esimerkiksi Kinectille kokeiluasteella myös kasvojen ilmeillä ohjaaminen)

Sensorijärjestelmä tunnistamiseen	Yleisimmin käytössä kamera kuvan tunnistamiseen ja GPS paikan määrittämiseen sekä kompassi ja kiihtyvyysanturi laitteen orientaation määrittämiseen suhteessa augmentoituun kohteeseen. Käytössä myös infrapuna, Bluetooth tai RFID laitteen tunnistamiseen lähietäisyydeltä, puheentunnistus.	WLAN paikan määrittämiseen, kamera kuvan tunnistamiseen, lisäksi esim. syvyysanturi liikkeen tunnistamiseen kameran kanssa, puheentunnistus
Verkkoteknologia (jos tarvitaan – osa sovelluksista voi toimia myös offline-tilassa)	Mobiilidata, WLAN	Kiinteä verkko, WLAN, mobiilidata
Haasteita ja huomioitavaa	<p>Ulkona käytettävien sovellusten osalta mobiililaitteiden näytöt aiheuttavat usein etenkin kirkkaalla säällä ja auringonpaisteissa näkyvyysongelmia, jolloin näytön kirkkaus on säädettävä maksimiinsa, huomioitava myös virtuaalisten objektien värityksessä.</p> <p>Paikkatietosovellusten osalta on huomioitava, että GPS:n tarkkuus vaihtelee, joten sovelluksiin toteutettavien POI:den (esim. tehtävärastipisteet) osalta on huomioitava riittävä väljyys.</p> <p>Sisätiloissa paikannusteknologia on hyödynnettävä WLAN-verkon tukiasemien sijaintia, katvealueet voivat vaikeuttaa paikan tarkentamista. Toimivinta sisätiloissa on hyödyntää kuvatunnistuspohjaista lisättyä todellisuutta ja mahdollisesti esimerkiksi muita sensorteknologioita kuten RFID.</p> <p>Päänäytöt saattavat aiheuttaa käyttäjälle pahoinvointia, ja niitä ei tulisikaan käyttää pitkään. Eri-laiset datalaset ovat myös toistaiseksi vielä melko kalliita ja niiden näkökenttä saattaa olla rajattu.</p>	<p>Lähinnä kuvatunnistukseen tai liiketunnistukseen perustuvia sovelluksia.</p> <p>Sisätiloissa vaihteleva valaistus ja esimerkiksi valaistuksen kohdistamisen mahdollisesti aiheuttama referenssikuvan pinnan kiiltävyys voivat aiheuttaa haasteita tunnistamiselle.</p>

Tulevaisuudessa sellaisia uudenlaisia käyttöliittymiä ja laitteita arvellaan tulevan käyttöön, jotka mahdollistavat esimerkiksi virtuaalisten objektien suoran manipuloinnin kadet vapaana. Lisäksi luokkahuoneen nähdään laajenevan ulos, mikä puoltaa erityisesti mobiilien lisätyn todellisuuden sovellusten toteuttamista. (Billinghurst & Dünser 2012.) Lisätyn todellisuuden sovellukset ovatkin lisääntyneet ja lyöneet itsensä läpi pitkälti juuri tehokkaiden mobiililaitteiden yleistymisen myötä.

2.5 Lisätyn todellisuuden opetuskäytön haasteita

Lisätyn todellisuuden opetuskäyttö tarjoaa paitsi paljon mahdollisuuksia, myös monenlaisia haasteita. Kirjallisuudessa ja tutkimuksissa esiin nostettuja haasteita on tuotu esiin tässä luvussa.

Lisätyn todellisuuden sovellukset, joissa käytetään datalaseja voivat aiheuttaa käyttäjilleen fyysistä pahoinvointia ja huimausta, siksi niiden käyttöaika onkin syytä rajoittaa (Kaufmann 2004). Suurempi osa läpikäydyistä tutkimuksista koski kuitenkin sovelluksia, joissa ei käytetty datalaseja, ja kognitiiviselle puolelle kohdistuvat ongelmat ovat tällöin vahvemmassa roolissa. Useimmin raportoitu haaste lisätyn todellisuuden paikatietopohjaisissa oppimispeleissä on ollut opiskelijoiden kokema kognitiivinen kuorma. Sovellusten toimintojen monimutkaisuus, niiden toimintaideaan liittyvän tieteellisen tiedonhankintaprosessin simulointi, navigointi sovelluksen käyttöympäristössä ja opiskelijaryhmiltä sovelluksen tehtävien vaadittava päätöksenteko on koettu raskaaksi. (Dunleavy & Dede 2013.)

On mielenkiintoista, että kognitiivisen kuorman vähentäminen on samanaikaisesti nähty myös lisätyn todellisuuden sovellusten etuna, kun virtuaalisia elementtejä on voitu yhdistää oppimisen kohteena oleviin konkreettisiin objekteihin. Osa luetelluista kognitiivista kuormaa aiheuttavista tekijöistä ei kuitenkaan ole suoraan käytetyn teknologian, vaan enemmänkin sovellusten suunnittelun syytä. Tutkimustulosten mukaan tutkiva ja ongelmalähtöinen oppiminen voi itsessäänkin lisätä kognitiivista kuormaa. Jos sovelluksiin on rakennettu liian hankalia tehtäviä opiskelijoiden osaamiseen nähden, tai jos asiat on esitetty liian monimutkaisesti, ovat hankaluudet myös ymmärrettäviä. Hyvän pedagogisen suunnittelun merkitys ja suunnittelijoiden ymmärrys ihmisen tiedonkäsittelyn periaatteista korostuvat tässä, myöskään käytettävyyden merkitystä ei sovi unohtaa.

Oppimissovelluksen monimutkaisuuden tason hallinta on tärkeää, ja sitä on koettu ratkaista mm. seuraavin keinoin (Dunleavy & Dede 2013):

1. Rakentamalla yksinkertaistettu rakenne sovelluksen toiminnan etenemiselle, jonka kompleksisuutta on voitu lisätä sovelluksen edetessä.

2. Rakentamalla sovellukseen kognitiivisia tukia, jotka vaiheittain auttavat saavuttamaan halutut oppimistulokset.
3. Rajoittamalla simulaatioissa esiintyvien virtuaalisten hahmojen ja elementtien määrää niin, että yksi opiskelija kohtaa niitä maksimissaan noin kuusi tunnin aikana.
4. Korvaamalla pelkkää tekstiä tekstitettyllä audiolla.

Tekniset ongelmat ovat yksi tyypillinen ongelmaryhmä, jonka useisiin eri teknologioihin perustuvan lisätyn todellisuuden käytössä on tullut vastaan. Tekniset ongelmat ovat myös tästä syystä moninaisia. Laitteet saattavat olla ergonomisesti toimimattomia ulkoilmassa, jolloin kirkkaus saattaa hankaloittaa näytön katselua tai ympäristön meteli hankaloittaa audion kuulemista. Käytössä saattaa olla useita eri laitteita, mikä voi aiheuttaa epämukavuutta vaatiessaan useamman laitteen ja sovellusten käyttöä. Käyttöliitymät eivät välttämättä ole optimaalisesti suunniteltuja. Myös vuorovaikutukseen käyttäjän ja laitteen välillä tulisi kiinnittää huomiota — esimerkiksi eleohjaus voisi olla yksi toimiva ratkaisu. Laitteiden toiminnan vakaudessa on havaittu parantamisen varaa. Myös joustavampia ja kontrolloitavampia järjestelmiä tarvitaan. GPS ei teknologiana ole täysin tarkka eikä välttämättä toimi hyvin ympäristöissä, joissa on esimerkiksi paljon korkeita rakennuksia – näin ollen GPS toisaalta mahdollistaa mutta toisaalta myös rajoittaa lisätyn todellisuuden sovellusten toteuttamista. Opiskelijat ovat kohdanneet vaikeuksia tulkitessaan sovellusten tarjoamia vihjeitä ja fantasian ja todellisuuden yhteensovittamisessa. (Wu et al 2012; Squire & Jan 2007; Klopfer 2008; Dunleavy & Dede 2013; Cheng & Tsai 2012; Radu et al 2012.)

Myös kulttuurisia rajoitteita lisätyn todellisuuden opetussovellusten käyttöönotolle on havaittu. On totuttu standardivetoiseen tehokkuuskulttuuriin, jossa opetukselliset lähestymistavat ovat opettaja- ja tiedonjakelukeskeisiä, eikä koulujärjestelmä itsessään tue esimerkiksi tutkivaa oppimista. Millekään ylimääräiselle ei ole aikaa, sillä opettajat kokevat painetta käydä läpi tietyt sisällöt tietyn aikakehyksen puitteissa. Vaikka itse teknologia antaisi mahdollisuuksia opiskelijalähtöiseen työskentelyyn, opettajat eivät välttämättä osaa hyödyntää tilaisuutta antaa opiskelijoille itse mahdollisuuksia tutkia ilmiöitä lisätyn todellisuuden avulla. (Dunleavy & Dede 2013; Wu et al 2012; Kerwalla et al 2006.)

Organisoimiseen ja johtamiseen liittyvät rajoitteet nousevat esiin lisätyn todellisuuden paikkatietosovellusten käytössä. Lisätyn todellisuuden integroiminen opetukseen vaatii vähintään 2–3 ohjaajaa varmistamaan toteutusten toimivuuden ja virheettömyyden, samoin taitavan opettajan, joka pystyy esittelemään ja fasilitoimaan oppimiskokemuksen keskeisiä asioita. Lisätyn todellisuuden opetussovelluksia tutkittaessa olisi myös hyödyllistä käyttää todellisia opetustilanteita testiympäristöinä ja pohtia sovellusten integrointia luokkatilanteen normaaliin työnkulkuun. (Cuendet et al 2013; Dunleavy & Dede 2013; Cheng & Tsai 2012; Radu et al 2012.)

Tutkivan ja ongelmalähtöisen opetuksen osalta on tärkeä myös varmistaa, että opiskelijoille ei jää virheellisiä käsityksiä oppimisen kohteena olleista ilmiöistä. Sovelluksessa, jossa simuloitiin tavallisen influenssan ja sikainfluenssan leviämistä, opiskelijat tekivät vääriä tulkintoja tautien leviämismekanismeista. Mukaansatempaava sovellus saattaa tempaista opiskelijat mukaansa tunnetasolla, jolloin rationaalinen ajattelu jää taka-alalle, toisaalta myös esitietoja tulisi olla riittävästi oikeanlaisten tulkintojen tekemiseksi. Sovelluksessa olisi hyvä myös olla mukana mekanismeja, jotka pakottaisivat opiskelijat puntaroimaan tehtyjen ratkaisujen perusteita ja huomaamaan vääriä käsityksiään. Opettajan ohjaus pelillisessä oppimistilanteessa ja mahdollisesti myös simulaatio-opetuksessa paljon käytetty jälkipuinti ovat myös tärkeitä keinoja taata laadukas oppiminen. (Rosenbaum et al 2007; Klopfer 2011.)

Yksi erittäin tärkeä haaste on helppokäyttöisten sisällöntuotantovälineiden puute. Toteutettujen sovellusten jatkohyödyntämiseenkin on kiinnitettävä huomiota. Tärkeää olisi, että toteutettujen sovellusten sisältöjä pystyttäisiin myös joustavasti muuttamaan opetuksellisten tarpeiden pohjalta. Liian tiukasti sovellukseen lukittu sisältö on toimiva vain hyvin rajoitetusti. Myös sisältöjen toteuttamista tulisi ohjata suuntaan, joka mahdollistaa opiskelijalähtöisemmän toiminnan ja sovellusten tarjoamat uudenlaiset opetukselliset mahdollisuudet. (Kerwalla et al 2006; Billingham & Dünser 2012; Yuen et al 2011; Wu et al 2012.)

Proseduraalisten toiminnan opetteluun tueksi toteutetut sovellukset voivat sisältää myös oppimisen kannalta kriittisen sudenkuopan. Sovellus saattaa tarjota liian hyviä toimitaohjeita ilman, että se edellyttäisi opiskelijalta itsenäistä ajattelua toteutettavan toimenpiteen osalta. Tällöin ei tapahdu oppimista — tämä onkin merkittävä ero proseduraalisten toimintaa tukevien sovellusten ja proseduraalisten toiminnan opetteluun tueksi rakennettujen sovellusten välillä. Mikäli toimintaa ei ole välttämätöntä opetella ja se on enemmänkin kertaluontoinen erityistilanne, jonka ratkaisemiseen halutaan tarjota työsuoritusta helpottavia, nopeuttavia ja toteutuksen laatua varmistavia opasteita (vrt. esimerkiksi kopiokoneen ongelmatilanteen korjaus), merkitystä on ohjeen mahdollisimman suurella selkeydellä, kattavalla opasteiden tarjoamisella jne. Mikäli tavoitteena on opetella jonkin toimenpiteen suorittaminen (vrt. aikaisemmin esitetyt esimerkit anestesiakoneen käytön opettelusta), sovelluksen tulisi tarjota asteittain väheneviä kognitiivisia tukia, jotka vaativat opiskelijalta yhä enemmän itsenäistä ajattelua ja opeteltavan toimintaperiaatteen asteittain kehittyvää hallintaa (Yuviler-Gavish et al 2011; Gavish et al 2011.)

2.6 Millä tavoin lisätyn todellisuuden oppimissovelluksia tulisi suunnitella?

Spechtin et al (2011, 121) mukaan lisätyn todellisuuden opetuskäytössä on tärkeää linkittää opetukselliset tavoitteet oppimiskonteksteihin, jotta voitaisiin ymmärtää lisätyn todellisuuden roolia opetuksessa. Tehdäkseen tämän linkityksen he hyödyntävät erilaisia mobiilin lisätyn todellisuuden vuorovaikutusmalleja sekä niihin liittyviä opetuksellisia tavoitteita, jotka voidaan esittää koostettuna seuraavasti:

KONTEKSTIN PARAMETRIT OPETUKSELLISET TAVOITTEET	Riippumaton konteksti	Identiteetti	Paikka	Ympäristö	Suhde	Aika
Havainnollistaminen	DYNAAMISET 3D-OBJEKTIT					
Tutkiminen			SENSORIPOHJAISET SISÄLLÖT			
Ymmärtäminen	AUGMENTOIDUT KIRJAT					
Reflektointi		REAALIMAAILMAN OBJEKTIN SKANNAUS				
Yhteistyö				KOLLABORATIIVISET MERKINNÄT JA MUISTIINPANOT		
Suoritus			OPETUKSELLINEN / OHJAAVA AR JA REAALIMAAILMAN OBJEKTEN MANIPULOINTI			

Kuva 8. Mobiilin lisätyn todellisuuden opetuksellisia malleja luokitteleva matriisi, joka pohjautuu opetuksellisiin tavoitteisiin ja kontekstitietoon (Specht et al 2011, 121).

Jäsennys ajaa takaa pitkälti samaa jäsennystapaa kuin mitä tässä raportissa on tavoiteltu. Harkittaessa lisätyn todellisuuden tai minkä tahansa opetusteknologian käyttöä on olennaisen tärkeää miettiä ensin tavoiteltavia oppimis- ja osaamistavoitteita ja sitä kautta teknologian roolia niiden saavuttamisessa: Auttaako teknologia tavoitteiden saavuttamisessa? Mikä tai mitkä teknologiat toimivat parhaiten apuna? Miten ja miksi tietyt teknologiat ovat tehokkaita kyseisten tavoitteiden saavuttamisen näkökulmasta? Oppimis- ja osaamistavoitteita painottavan näkökulman vuoksi omassa jäsennyksessämme käytetään pohjana edelläkin mainittuja osaamistavoitteiden luokitteluita. Opetuksellisia tavoitteita lähestytään kognitiivisten prosessien kautta, ja lisätyn todellisuuden sovelluksista löytyvien vuorovaikutusmuotojen sijaan on pyritty nostamaan esille erilaisia tiedon dimensioita, joihin erityyppiset lisätyn todellisuuden sovellukset vastaavat. Konteksti hahmotetaan kuitenkin hieman eri tavoin.

Lisätty todellisuus ei välttämättä ole ainoa mahdollinen teknologia tietäntyyppisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Clarkin (1994) ajatusten mukaisesti yksikään opetusteknologia ei sinänsä vaikuta suoraan oppimiseen, vaan sama tavoite voidaan saavuttaa joukolla vaihtoehtoisia menetelmiä ja välineitä. Jotkut menetelmät ja välineet kuitenkin ovat todennäköisesti parempia ja etenkin kustannustehokkaampia valintoja tiettyjen tavoitteiden saavuttamiseen. Tässä esitettävän jäsennyksen tavoitteena on tarjota tietoa siitä, milloin lisättyä todellisuutta ehkä kannattaisi käyttää. Kustannus-hyötylaskelmia ei ole tähän jäsennykseen integroitu (eli voidaanko muiden opetusteknologioiden avulla saavuttaa samat osaamis- ja oppimistavoitteet yhtä tehokkaasti tai tehokkaammin), ja lisätyn todellisuuden todellisten opetuksellisten hyötyjen arviointi on tällä hetkellä olemassaolevan tutkimustiedon pohjalta mahdotonta.

Jäsennyksessä on käytetty pohjana pitkälti Kraigerin et al (1993) luokittelua, joka puolestaan perustuu mm. Bloomin ja Gagnén taksonomioihin. On syytä huomata, että taksonomiaa ei ajatella tässä esim. Bloomin taksonomian alkuperäisen ajatuksen mukaisesti hierarkiana, jolloin toiset prosessit olisivat korkeammantasoisia tai toisia edeltäviä. Bloomin taksonomiaa myös käytetään usein pohjana määriteltäessä osaamistavoitteita ja niiden esittämistä kuvaavien verbien avulla, ja tausta-ajatuksena on, että näin opitun arviointia on helpompi toteuttaa. Rakennettua taksonomiaa käytetään tässä puhtaasti sen arvioimisen apuvälineenä, milloin lisätty todellisuus näyttäisi olemassaolevan tutkimustiedon mukaan olevan hyvä valinta oppimisteknologiaksi ja erityisesti helpottamaan sen määrittämistä, minkä tyyppinen lisätyn todellisuuden sovellus on toimiva minkä tyyppisten asioiden opettamisessa.

Sovellettaessa taksonomiaa erityyppisten lisätyn todellisuuden opetussovellusten luokitteluun on hyvä huomata, että taulukon solut eivät ole suinkaan selvärajaisia ja tietäntyyppistä sovellusta ei välttämättä voi puhtaasti sijoittaa vain johonkin tiettyyn kategoriaan. Esimerkiksi taidon oppimisessa (Neumann & Majoros 1998) on tunnistettu sekä tiedollinen että proseduraalinen komponentti, joten koko taidon oppiminen vaatii paljon muutakin kuin vain itse toteutettavan proseduurin oppimista. Jäsennyksestä jää myös väkisinkin puuttumaan monia sovelluksen valintaan vaikuttavia tekijöitä.

Tämän jäsennyksen on tarkoitus olla suuntaa-antava, ei kaikenkattava ja aukoton. Jäsenitys ei ole valmis, vaan sitä on käytetty oman pohdinnan apuna lisätyn todellisuuden opetuskäytön mahdollisuuksia luokiteltaessa, ja sitä on tarkoitus jatkokehittää edelleen.

Taulukko 2. Lisätyn todellisuuden käyttöönoton aputaulukko.

OPITTAVAT SISÄLLÖT JA OPPIMISTAVOITTEET	MAHDOLLINEN LISÄTYN TODELLISUUDEN SOVELLUSTYYPPI	VAIKUTUS TEKNOLOGIA-VALINTOIHIIN	ESIMERKKISOVELLUKSI
TIEDOLLISET TAVOITTEET			
Faktat, käsitteet, kuvaava tieto → Muistaminen	Muistamista parantavat visualisoinnit ja muut monimediaiset sisällöt, tiedon kytkeminen fyysisiin objekteihin, toimintaprosessien suorittamiseen liittyvää muistamista parantavat sovellukset, joissa kognitiivisten tukien määrää voidaan vähentää asteittain	Kuvatunnistuspohjaiset ja paikkatietopohjaiset sovellukset, staattiset tai liikuteltavissa olevat toteutuslустat	<i>Fetch! Lunch Rush</i> -matematiikkasovellus peruslaskutaitojen harjoitteluun (http://pbskids.org/apps/fetch-lunch-rush.html) Erilaiset työopastosovellukset voivat myös toimia muistin tukena, samoin paikkatietosovellukset, joissa tieto kiinnittyy esimerkiksi autenttiseen kontekstiinsa ja on siten muistettavissa paremmin.
Tiedon ymmärtäminen, organisointi, mentaalisten mallien rakentuminen → Käsitteiden välisten suhteiden ymmärtäminen, toimintaperiaatteiden ymmärtäminen	Toimintaperiaatteita ja käsitteiden välisiä suhteita havainnollistavat mallit, näkymäntöä havainnollistavat mallit, tilallista hahmottamista tukevat mallit, mallien kytkeminen fyysiseen objektiin jonka toimintaa se mallintaa	Kuvatunnistuspohjaiset ja paikkatietopohjaiset sovellukset, staattiset tai liikuteltavissa olevat toteutuslустat	Maan ja auringon väliset suhteet (Shelton & Hedley 2002) Geometrian opetussovellus (Kaufmann 2002; Kaufmann & Schmalstieg 2003) Anestesiakoneen käytön opetteluun tueksi rakennetut sekoitetun todellisuuden sovellukset (Quarles et al 2009; Quarles et al 2008)
Tiedon käsittelyyn liittyvät strategiat, soveltaminen, analysointi, yhdistely, arviointi, uuden luominen → Metakognitiiviset taidot, joiden avulla omaksuttua tietoa voidaan hyödyntää ja luoda uutta	Tiedon kytkeminen autenttiseen ympäristöön tutkivan oppimisen tai ongelmalähtöisen oppimisen avulla	Erityisesti paikkatietopohjaiset sovellukset, staattiset tai liikuteltavissa olevat toteutuslустat	<i>Outbreak @ The Institute</i> (Rosenbaum et al 2007) <i>Alien Contact!</i> (Dunleavy et al 2009) <i>Environmental Detectives</i> (Klopfer & Squire 2008)

TAIDOLLISET TAVOITTEET			
Taidon tiedollinen ja proseduraalinen komponentti, osataitojen oppiminen, taidon automatisointi	Erilaiset työopastesovellukset, jotka ohjaavat asteittain vähenneiden kognitiivisten tukien avulla kohti itsenäistä suoritusta	Kuvatunnistus pohjainen lisätty todellisuus, liikuteltavissa olevat toteutus alustat, päänäyttöjen käyttöön perustuvat toteutukset, mikäli työsuorituksen toteuttaminen samanaikaisesti on tavoitteena vapain käsin	Erilaisia työsuoritusopastesovelluksia on toteutettu (esimerkiksi <i>ARMAR</i> -projekti http://graphics.cs.columbia.edu/projects/armar/ , Columbia University), joilla ei ole ollut varsinaisesti opetuksellisia tavoitteita eikä siten esimerkiksi vähennettävien kognitiivisten tukien mekanisme. Anestesiakoneen käytön opettelua on tutkittu monipuolisella yhdistelmällä erilaisia sekoitetun todellisuuden teknologioita (ks. edellä).
AFFEKTIIVISET TAVOITTEET			
Asenteet → Asenteisiin vaikuttaminen	Roolipohjaiset simulaatioympäristöt joissa hyödynnetään lisättyä todellisuutta, esimerkiksi autenttisiin ympäristöihin liittyvät sovellukset	Paikkatietopohjainen ja kuvatunnistus pohjainen lisätty todellisuus, staattiset tai liikuteltavissa olevat sovellusalustat	Lisättyä todellisuutta on käytetty kalojen suojeluun liittyvään asennekasvatukseen (Koong Lin et al 2011). Lisättyä todellisuutta on myös hyödynnetty erilaisten fobioiden (mm. hämähäkipelko, torakkapelko) hoidossa (ks. esim. Juan & Pérez 2011; Corbett-Davies, Dünser & Clark 2012; Pase 2012)
Motivaationaaliset tavoitteet → Opiskelumotivaatioon vaikuttaminen	Yleisesti lisätty todellisuus voi toimia opiskelumotivaatiota lisäävänä.	Paikkatietopohjainen ja kuvatunnistus pohjainen lisätty todellisuus, staattiset tai liikuteltavissa olevat sovellusalustat	Lisätyn todellisuuden opetuskäyttöä tutkittaessa toteutettujen sovellusten yhteydessä tehty opiskelumotivaatiota parantavaa vaikutusta, esim. <i>Alien Contact!</i> (Dunleavy et al 2009).

3. AVO2-hankkeessa toteutetut sovelluspilotit

Tampereen yliopisto lähti selvittämään opetuskäytön mahdollisuuksia kolmen erityyppisen, edellisestäkin jaottelusta löytyvän sovelluskategorian mukaisesti:

- Proseduraalisten taitojen oppiminen ja opetus
- Autenttiseen oppimisympäristöön viety paikkatietopohjainen oppimispolkusovellus
- Havainnollistava ja visualisoiva oppimisovellus

Tarkoituksena oli toteuttaa kuhunkin kategoriaan jokin sovellus, jonka opetuskäytöstä voitaisiin kerätä aineistoa. Lopulta kuitenkin toteutetut sovellukset eivät olleet varsinaista lisättyä todellisuutta johtuen teknologian soveltumattomuudesta valitun oppimiskohteen opettamiseen. Myös valittu teknologia asetti rajoitteita. Tässä luvussa on kuvattu hankepilottiemme suunnittelu ja toteutus ja avattu niiden kautta saatuja kokemuksia.

3.1 Proseduraalisten taitojen opiskelu: WC:n ylläpitosiivouksen opettelu kodinhuoltajaopinnoissa

Hankepilottien toteutuksessa lähdettiin liikkeelle proseduraalisten taitojen opetuksen tukisovelluksesta, joka toteutettiin WC:n ylläpitosiivouksen opetteluun tueksi. Kohde-ryhmäksi valikoitui erityisopetuksessa kodinhuoltajiksi opiskeleva opiskelijaryhmä. Ryhmän opiskelijoilla oli taustallaan hyvin erityyppisiä oppimisvaikeuksia – opiskelijaryhmä oli siis lähtökohdiltaan hyvin heterogeeninen joukko. Oppimisvaikeuksien vuoksi monimediainen tukisovellus voisi auttaa oppimista. Opiskelijat opiskelevat useampi-vuotista tutkintoa eri vuosikurssien muodostamassa ryhmässä. Ryhmän opettajista kaksi osallistui alusta asti opetussovelluksen kehittämiseen. Tässä luvussa on kuvattu sovelluksen kehittämistyö alkusuunnittelusta lopputestaukseen asti.

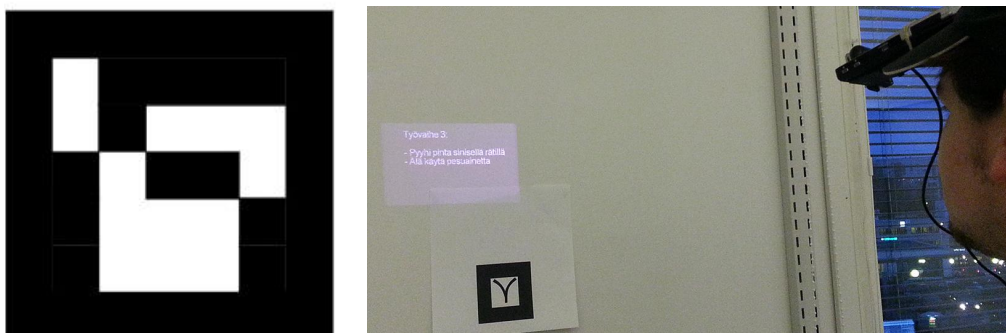
3.1.1 Sovelluksen suunnitteluprosessi

Maaliskuussa 2012 projektitutkija toteutti ensimmäisen vierailun tutustumaan erityisopetusryhmään ja heidän käytännön kautta nousseisiin oppimiseen liittyviin tarpeisiin, joita voitaisiin tukea lisätyn todellisuuden sovellusten avulla. Vierailun alussa esiteltiin ensin lisätyn todellisuuden opetuskäytön mahdollisuuksia yleisesti, ja opiskelijoille näytettiin muutamia lisätyn todellisuuden demoja. Teknologia teki selvästi vaikutuksen, ja opiskelijat vaikuttivat innokkailta uuden teknologian integroimiseen omaan opiskeluunsa. Opettajien ja opiskelijoiden kanssa käytiin keskustelua siitä, minkälaisen asioiden opetukseen lisätty todellisuus voisi tarjota apua. Esimerkiksi siivousvaunun varustaminen tai astianpesukoneen käyttöön liittyvä opetussovellus nousivat esiin

sovellusideoina. Kun asiaa vielä vierailunkin jälkeen hieman sulateltiin, lopulta valituksi sovelluskohteeksi alkoi muotoutua opiskelijoiden mielestä kaikkein ikävin opeteltava aihe — WC:n ylläpitosiivous alkaen siivousvaunun varustamisesta toimenpidettä varten.

Toukokuussa 2012 toteutettiin toinen vierailu Orimattilaan, jolloin projektitutkijan mukana oli myös sovellussuunnittelija. Pilottitoteutusta suunniteltiin hieman pidemmälle — sen pohjaksi käytiin WC:n ylläpitosiivouksen työohjetta tarkemmalla tasolla läpi opettajien kanssa. Esiin nostettiin kriittisiä kohtia, joihin on kiinnitettävä erityistä huomiota sovelluksen toteutuksessa, ja liittyvät pitkälti opitun muistamiseen. Näihin lukeutuivat mm. kussakin siivouskohteessa ja -vaiheessa käytettävät siivousvälineet ja toisaalta siivouskohteiden kokonaissuoritusjärjestys. Käytettävän puhdistusaineen pH-arvon valinta on myös tärkeä asia. Ajatuksena oli, että sovellusta voitaisiin käyttää datalasiavälineiden avulla, jolloin opiskelijan kädet olisivat vapaana itse siivoustoimenpiteiden suorittamiseen. Tulevan kesän aikana sovellusta oli tarkoitus viedä eteenpäin ja saada syksyksi aikaan ensimmäinen versio kokeiltavaksi.

Elokuussa 2012 sovellusta oli toteutettu jo siinä määrin, että sen ensimmäistä versiota päästiin kokeilemaan. Datalasien sijaan päädyttiin kokeilemaan pikoprojektorilla pinoille heijastettavaa työohjetta. Pikoprojektori ja kamera olivat demoversiossa kiinnitetty lippalakin lippaan, ja kamera tunnistaisi haluttuihin siivouskohteisiin WC:ssä kiinnitettyjä markkereita esittäen pikoprojektorilla käyttäjän edessä olevalle pinnalle heijastettuna siivousohjeita aina siitä kohteesta, jonka markkeriin kamera osoittaa.



Kuva 9. Markkeri ja havainnekuva pikoprojektoripohjaisesta toteutusdemoista.

Tausta-ajatuksena oli se, että augmentoitavat ohjeet eivät tulisi sovelluksen käyttäjän näkökentän tielle, kuten datalasitoteutuksessa. Lisäksi olemassaolevat datalasit — hyvätkin sellaiset — tuntuivat vielä melko kömpelöiltä, lisäksi ne ovat melko kalliita. Ongelmana itse teknologian osalta oli se, että heijastettava tekstiohje vaikutti tarisevän niin paljon, ettei teksti ole välttämättä kovin luettavaa. Lisäksi ohjeiden ohella oli tarkoitus heijastaa myös erilaisia siivouskohteisiin liittyvää osaamista arvioivia testejä, asioita havainnollistavia animaatioita ja mahdollisesti äänipohjaisia ohjeita erityisesti lukihäiriöistä kärsiviä käyttäjiä ajatellen. Testien ja sovelluksen eri näytöjen

eteenpäinselaamisen vuoksi sovellukseen olisi tarpeen toteuttaa myös interaktiivisuutta, ja näin ollen tarvittiin joku tapa, jolla käyttäjä voisi kommunikoida sovelluksen kanssa. Eleohjaus tai ääniohjaus vaikuttivat soveliaimmilta vaihtoehdoilta. Demoa päätettiin kehitellä vielä vähän eteenpäin.

Tässä kohtaa on hyvä todeta, että lisätyn todellisuuden sovelluksissa on paljolti siirrytty markkerittomiin, kuvatunnistuspohjaisiin sovelluksiin. Erillisten markkerien kiinnittäminen työkohteeseen vaatii ennakkojärjestelyä opettajalta, mikäli työkohteeseen jollakin muulla tavalla (WC-allas, käsienpesuallas) olisi sovelluksen käyttö vieläkin joustavampaa, mutta valitettavasti WC-tilat ovat niin erilaisia keskenään, että tällainen kuvatunnistuspohjainen sovellus olisi lähes mahdoton toteuttaa. Toisaalta markkeripohjaisen sovelluksen etu on juuri se, että sovellus mukautuu kaikenlaisiin WC-tiloihin. Periaatteessa niiden etu olisi siinäkin, että kustakin työkohteesta olisi mahdollista toteuttaa useita eri ohjeistusversioita esimerkiksi opiskelijoiden osaamistason mukaan (vaikeampi tai helpompi) ja kiinnittää juuri opiskelijan osaamistason mukainen markkeri kuhunkin työkohteeseen. Noviiisille voitaisiin tarjota monenlaista tukea työsuorituksen opetteluun (esim. käsienpesualtaan siivoamiseen opastetaan kaikki vaiheet ja työvälineet huolellisesti läpikäyden), kun taas jo pidemmälle ehtineelle opiskelijalle voidaan jättää tarjoamatta perusohjeistuksia - sen sijaan voidaan esittää kysely, jossa testataan oikeiden työvälineiden muistamista tai työvaihteita.

Syyskuussa 2012 toteutettiin jälleen vierailu edelleenkehitettyä demoa esittelemään ja kuulemaan ajatuksia jatkokehittämisen pohjaksi. Erityisesti haluttiin saada palautetta WC:hen siivouskohteisiin sijoitelluista markkereista avautuvista eri mediaelementeistä (teksti, kuva, puhe). Demoversiossa sovelluksen käyttäjällä oli selässään reppu, jossa oli tietokone sekä lippalakki kameroineen ja pikoprojektoreineen, mikä oli melko raskas vaihtoehto. Sovelluksen kehittyessä eteenpäin tarpeen olisi korvata tietokone mahdollisesti mobiililaitteella tai jollakin välikappaleella, joka kommunikoisi prosessointia suorittavan tietokoneen kanssa. Kun sovellusta pystyi kokeilemaan käytännössä, alkoi tulla esiin asioita, jotka vaikuttaisivat käytettävyyteen ja käyttökokemukseen negatiivisesti:

- Sovelluksen ohjaus työvaiheesta toiseen siirtymiseksi on hankala toteuttaa käyttäjän kannalta toimivaksi. Vaihtoehtoina on pikoprojektoripohjaisessa sovelluksessa puheohjaus tai eleohjaus (tai eriväriset markkerit, jotka voisivat kameralle näytettäessä siirtää sovellusta aina seuraavaan näyttöön). Puheohjaus ei saanut kovin paljon kannatusta opettajilta, koska he arvelivat että, opiskelijat ujostelisivat sitä. Koska kysessä on erityisryhmä, opiskelijat kokevat helposti kaikenlaisen heidän erityisyytensä korostavan negatiivisena lisähuomiona. Sovelluksen käyttäminen ja "itseksään puhuminen" sen ohjaamiseksi voisi olla tällainen erityisyyttä korostava tekijä.
- Kokeilun pohjalta havaittiin, että kun käyttäjän pää liikkuu toimiessa (mitä ei voi välttää), markkerin avaama toiminnallisuus / mediaelementti katoaa todennäköisesti

- välillä näkyvistä (riippuen sovellukseen toteutettavasta puskuroinnista, joka taas vaatii prosessointitehoa). Mikäli markkerista "avautuu" puheohje, voi syntyä tilanne, jossa puhe alkaa vähän väliä alusta ja toisaalta keskeytyy, kun markkeri katoaa näkyvistä ja palaa näkyviin. Toisaalta opiskelija saattaa tarvita puheen toistamista, jos vaikka osa ohjeesta menee häneltä ohitse — näin ollen käyttäjän pitäisi pystyä viestimään sovellukselle myös tarvittava toisto helposti.
- Sovelluksen pinnoille heijastamien tekstien ym. ohjeiden osalta ongelmallista on myös yleensä erittäin valoisat WC-tilat.

Koska sovelluksen käyttäjäryhmänä ovat opiskelijat, joilla muutoinkin on oppimisvaikeuksia, olisi tärkeää olla vaikeuttamatta lisää heidän oppimistaan ylimääräisellä kuormittamisella teknologian osalta. Opetusteknologia joka tapauksessa aiheuttaa todennäköisesti jonkinlaista lisäkuormaa, ainakin käytön aloitusvaiheessa. Demoversion kokeilussa kohdattujen ongelmien vuoksi opettajat alkoivat kallistua mobiililaitteissa (ts. älypuhelimissa) käytettävän sovelluksen kannalle. Opiskelijat käyttivät mielellään älypuhelimia ja ne ehkä olisivat parhaita alustoja sovellukselle. Esiin nousi ajatus, että toteuttaisimmekin opiskelijoille älypuhelimella toimivan WC:n ylläpitosiivouksen itsenäisen harjoittelun tukena ja työvaiheiden ja -välineiden opettelun muistiapuna toimivan sovelluksen, joka etenisi siivousprosessin mukaisesti tarjoten myös mahdollisesti pelillisiä ja opitun muistamista testaavia elementtejä. Perusideana se, että opiskelija voi itse "kuivaharjoitella" WC-tiloissa ylläpitosiivouksen toteuttamista liimaamalla ohjeen mukaan numeroidut markkerit tiettyihin paikkoihin siivousjärjestyksen mukaan. Keskeistä työprosessin opettelussa on se, että jokaiselle opiskelijalle muodostuu mieleen malli siitä, miten WC:n ylläpitosiivous toteutetaan ja erilaiset yksityiskohdat muistuvat mieleen. Työjärjestys on yksi opeteltava kohde, samoin kuhunkin työkohteeseen liittyvien varusteiden valinta. Sovelluksen tarkoitus on siis tukea opiskelijan muistia ja sitä kautta oppimista käytännön siivouskohteen yhteydessä. Erillisen kädessä pidettävän mobiililaitteen huono puoli olisi se, että itse siivouksen toteuttaminen käytön ohella olisi poissuljettu vaihtoehto (tai ainakin hankalaa).

Sovellus etenisi siten, että heti aluksi, ennen kuin varsinaisesti lähdetään etenemään siivousprosessissa, opiskelijan tulee varmistaa että hän pakkaa siivousvaunuun oikeat siivousvarusteet. Tähän kohtaan haluttiin kehittää jotakin pelillistä tai testityyppistä, muistamista tukevaa ratkaisua. Seuraavassa vaiheessa opiskelija siirtyisi WC-tiloihin, jossa kunkin siivouskohteen yhteyteen olisi kiinnitetty sitä vastaava markkeri. Alkuvaiheessa opettelua kussakin markkerissa voisi olla sen järjestystä esittävä numero, mutta myöhemmin numerot voitaisiin jättää pois, jolloin opiskelijan tulisi itse muistaa mikä kohteista (käsienvesuallas, WC-allas, lattia jne.) siivotaan missäkin vaiheessa. Näin sovelluksen käytön vaikeustasoa voidaan nostaa lisääntyvän osaamisen myötä. Kunkin siivouskohteen yhteyteen liitettiin näkymään työkohteessa tarvittavat siivousvälineet sekä lyhyt ohje siitä, miten ko. kohde siivotaan. Ohjeen muoto vaihteli kohteen mukaan – se saattoi olla havainnollistettu kuva ja teksti tai video.

Pyyhi peili

Nihkeyttä sininen siivouspyyhe kosteuspullon avulla ja pyyhi peili järjestelmällisin vedoin. Tarkista lopputulos.



Etsi seuraava marikkeri

Kuva 10. Tehtävää havainnollistava kuva — näkymä WC:n ylläpitosiivoussovelluksen näytöltä.

Käsienpesualtaan puhdistaminen 2/4

Puhdista astianpesuharjalla käsienvesiallas hanoineen sekä käsisuihkun pää. Katso video oikeaoppisesta työsuorituksesta (videon latautuminen saattaa kestää hetken aikaa).



Edellinen työvaihe

Seuraava työvaihe

Kuva 11. Tehtävää havainnollistava video — näkymä WC:n ylläpitosiivoussovelluksen näytöltä.

Siivouskohteisiin saattaa myös liittyä erilaisia testejä:

Testaa tietosi WC-altaan oikeaoppisesta siivousjärjestyksestä

Kosketa WC-altaan puhdistuksen työvaiheisiin liittyviä laatikoita oikeassa, työvaiheiden mukaisessa järjestyksessä.



Kuva 12. WC-altaan siivouksen työvaiheiden muistamistesti — näkymä WC:n ylläpitosiivoussovelluksen näytöltä.

Vierailumme päättyi siihen, että otimme kuvia WC:n ylläpitosiivouksessa tarvittavista siivousvälineistä. Työohje vaiheittaisine etenemisineen oli jo ennestään käyty läpi, tarkensimme vielä muutamia yksityiskohtia. Tavoitteena oli, että ennen vuoden loppua meillä olisi seuraavalla vierailulla valmiina demo, jota voisi testauttaa jo opiskelijoilla-kin, ja jossa olisi sovelluksen keskeiset elementit jollakin tasolla mukana.

Ennen seuraavaa vierailua selvitimme myös kyselyllä, minkälaisia mobiililaitteita opiskelijoilla itsellään on käytössä (merkki ja malli), koska luultavasti he haluaisivat mielellään käyttää omia laitteitaan. Opettajat olivat sitä mieltä, että opiskelijoiden puhelimet ovat ajanmukaisia, mutta varmaa tietoa asiasta ei ollut. Olimme myös itse hankkineet muutamia testilaitteita (3 kappaletta Samsung Galaxy Tab 2 7.0 -tabletteja) hanketointamme kohderyhmiä varten, joten sinänsä laitteiden saatavuus ei olisi ongelma, vaikka opiskelijoilla itsellään ei käyttökelpoisia laitteita olisikaan. Kyselyn toteuttamisen jälkeen todettiin kuitenkin opettajien kanssa, heidän itsensäkin asiaa tarkemmin pohdittuaan, että on parempi etteivät opiskelijat käytä omia laitteitaan koulussa ollessaan. Näin on koulussa muutoinkin sovittu hygieniasyistä (erityisesti keittiöympäristö), lisäksi ongelmia voisi tulla, jos opiskelijoiden mobiililaitteet vahingossa tippuisivat vaikkapa WC-altaaseen niitä käytettäessä.

Joulukuun 2012 puolivälissä vierailimme Orimattilassa ja kävimme sovelluksen senhetkisen version läpi sekä opettajien että parin opiskelijan kanssa. Testaamaan valituista opiskelijoista toinen oli ollut jo työssäoppimisjaksoilla, ja periaatteessa osasi toteuttaa WC:n ylläpitosiivouksen. Toinen opiskelijoista ei ollut vielä saanut opetusta WC:n ylläpitosiivoukseen.

Numeroidut markkerit oli kiinnitetty WC-tilaan, ja kahdelle opiskelijalle annettiin vuorollaan käteen tablet-laite, jossa sovellus oli auki.



Kuva 13. WC-tilaan siivouskohteisiin kiinnitetty markkerit.

Kun sovellusta käytännössä kokeiltiin, tehtiin paljon erilaisia havaintoja sen eteenpäinkehittämiseksi. Joidenkin markkereiden sijoittelussa oli hieman ongelmia, eli kovin lähelle lattianrajaa niitä oli hankala laittaa, koska opiskelijat joutuivat kumartelemaan, jotta laite tunnistaa markkerin. Lattialle oli sijoitettu yksi markkereista, koska se liittyy lattian moppaamiseen. Koska sovelluksen käytössä on ideana pelkästään kuivaharjoittelulla WC:n ylläpitosiivousta, markkerin sijoittelulla ei ole niin merkitystä, mutta jos ajatuksena olisi, että opiskelija samalla suorittaisi WC:n ylläpitosiivoukseen liittyvät työt kun etenee sovelluksen avulla, ei lattialla edes voisi olla markkeria. Tällöin mahdollisesti muissakin siivottavissa pinnoissa markkerit saattaisivat aiheuttaa hankaluuksia. Myös WC:n ylläpitosiivouksessa käytettävät kumihanskat estäisivät tai hankaloittaisivat sovelluksen käyttöä ratkaisevasti siivoustyötä tehtäessä. Hankalammissa paikoissa olevia markkereita ei ollut myöskään niin helppo havaita. Jos lähellä samaa työkohtetta (esimerkiksi käsienpesuallas) oli useita markkereita, oli riskinä, että sovellus rekisteröi samanaikaisesti useamman markkerin tai vääränkin markkerin. Tähän pyrittiin kiinnittämään huomiota siten, että muutaman työkohteen työvaiheita tiivistettiin yhteen markkeriin eri vaiheiksi (eri käytännössä eri näytösivu kullekin).

Pidemmälle opinnoissa ehtinyt opiskelija kiinnitti huomiota siihen, että työssäoppimiskohteessa siivousjärjestys meni eri tavoin, kuin miten se koulussa opetetaan. Opiskelijat opetetaan siivoamaan myös likaisempien ja puhtaampien työkohteiden pinnat erivärisin siivousliinoin, vaikka työelämässä saattaa olla, että käytetään vain yhtä liinaa jota taitellaan. Koulussa opitut värikoodit eivät välttämättä pidä paikkaansa työelämän siivouskohteissa. Opettajien kanssa keskusteltiin asiasta ja todettiin lopulta, että yksi osa opiskelijan ammattitaitoa pitäisi olla se, että he osaavat toimia erilaisissa tilanteissa ja erilaisissa työkohteissa, vaikka niissä työt tehtäisiinkin hieman eri tavoin. Päädyttiin siihen, että opetetaan asiat edelleen sovelluksessa siten kuin tähänkin asti eli erivärisine siivousliinoineen ja työjärjestyksineen. Opettajien tehtävä on tuoda oppitunneilla esille, että työelämässä tietyt asiat saatetaan tehdä eri tavoin.

Sovellusta käytettiin siten, että laitteen tunnistaessa markkerin tuli ko. siivouskohteeseen liitetty sisältö näkyviin ja pysyi niin pitkään näytöllä, kunnes laitteelle "näytettiin" seuraavaa markkeria. Tästä seurasi, että käyttäjän piti huolehtia siitä, ettei sovellus "näe" muita markkereita ennen kuin käyttäjä on oikeasti valmis siirtymään sovelluksessa eteenpäin. Toisaalta tapahtui myös niin, että jos käyttäjä hetkeksi käänsi laitteen pois sen kohteen markkerista jonka ohjeita kulloinkin katseli, ja suuntasi laitteen kameran kohti kyseisen kohteen markkeria uudestaan, mahdollisesti useampisivuinen ohjeistus näytettiin aina alusta asti uudestaan. Sovelluksen osalta oli tarpeen tehdä muutoksia tältä osin. Päädyimme lopulta siihen, että sovellus hyväksyy markkerit vain tietyssä järjestyksessä ja esittää vain kerran kuhunkin oikean järjestyksen mukaiseen markkeriin liittyvän ohjeistuksen. Tästä voisi toki seurata sellainen mahdollinen tilanne, että sovellus olisi pakko edetä alusta loppuun ennen kuin sen voisi keskeyttää. Näin ollen toteutettiin

vielä ylimääräinen markkeri, joka antaa mahdollisuuden keskeyttää sovelluksen suorittaminen ja palauttaa sovelluksen alkuun.

Seuraavan kerran sovellusta käytiin testaamassa tammikuun 2013 puolivälin tienoolla, jolloin koko opiskelijaryhmä pääsi sitä testaamaan. Oppilaitos oli saanut hankittua myös oman tablet-laitteen käyttöönsä, mistä opettajat ja opiskelijat olivat innoissaan, koska näin he pystyisivät hyödyntämään myös muita tablet-laitteen mahdollisuuksia opetuksessaan. Sovellus esiteltiin aluksi luokassa kaikille ryhmän opiskelijoille, jonka jälkeen opiskelijat pääsivät testaamaan sovellusta WC-tiloissa tablet-laitteella. Melkein kaikki opiskelijat (7–10 hlöä) testasivat sovellusta yksin tai parin kanssa. Tarkkailimme testausta ja annoimme tarvittaessa apua sovelluksen käyttöön. Enimmäkseen sovelluksen käyttö näytti sujuvan varsin intuitiivisesti ja itsenäisesti opiskelijoilta — huomionarvoista oli, että suurin osa opiskelijoista käytti tablet-laitetta ensimmäistä kertaa. Sovellus vaikutti helppokäyttöiseltä ja viimeiset korjausideat kirjattiin ylös.

Helmikuun 2013 aikana sovellusta muokattiin vielä ulkoasullisesti ja se käytiin läpi opetuksellisen käyttöliittymän suunnitteluohjeita (esim. Lohr 2000) apuna käyttäen. Pyrittiin huolehtimaan, että sovelluksen näytöt ovat yhtenäiset, opiskelijalla on käsitys siitä missä hän kulloinkin sovelluksessa on jne.

3.1.2 Sovelluksen käytön testaus

Syksyllä 2013 aloittaneet uudet kodinhuoltajaopiskelijat olivat ensimmäinen ryhmä, joka otti valmiin sovelluksen käyttöönsä osana WC:n ylläpitosiivouksen opettelua. Projektitutkija vieraili marraskuussa 2013 havainnoimassa sovelluksen käyttöä ja haastattelemassa opettajia. Koska ryhmän opiskelijat ovat hyvin heterogeeninen joukko eikä osa opiskelijoista välttämättä kommunikoi kovin sujuvasti, päätettiin suurempi paino laittaa opettajien haastatteluille ja sovelluksen käytön tarkkailulle.

Opettajien haastatteluissa käytiin ensin läpi, millä tavalla WC:n ylläpitosiivousta perinteisin menetelmin normaalisti opetetaan, ja miten uusi opetusväline oli otettu osaksi opetusta. Sovellusta oli käytetty syksyllä 2013 vasta kertaalleen osana opetusta, jolloin jokainen opiskelija oli kokeillut sitä vähintään yhden kerran, 2. vuoden opiskelijat jo kahteen kertaan. Yksi opiskelija oli kokeillut sovellusta jo ennen kuin WC:n ylläpitosiivousta oli varsinaisesti käyty opinnoissa läpi. Sovellusta oli käytetty siten, että markerit olivat numeroituja, eli opiskelijat olivat voineet tarkistaa seuraavaan siivoukseen etsimällä seuraavaa markkeria numeron perusteella. Myöhemmin sovellusta voidaan käyttää myös siten, että numerointi jätetään markkereista pois, jolloin oikea siivousjärjestys pitää olla tiedossa muutenkin.

Perinteisesti WC:n ylläpitosiivouksen opettaminen tapahtuu niin, että ensin käydään aihetta läpi teorian kautta. Aseptinen työjärjestys sekä WC:n ylläpitosiivoukseen liittyvät

työvälineet on opeteltu jo ennalta, eli opiskelijoilla on jo tietyt taustatiedot pohjalla. WC:n ylläpitosiivouksen opettelussa on tärkeää sen jälkeen tunnistaa liian laatu. Opettaja näyttää kuvaa WC:stä, jonka päälle merkitään ruksilla likaisimmat kohdat. Sen jälkeen siivousta lähdetään hyvin nopeasti harjoittelemaan käytännössä, pareittain tai yksin, jolloin kaksi opettajaa on apuna. WC:n ylläpitosiivouksen perusasiat toistuvat sen jälkeen opinnoissa useaan kertaan koko opintojen ajan. Opeteltuja asioita kerrataan paljon – jos jokin asia on unohtunut, se palautetaan mieleen. WC:ssä voidaan myös merkitä tarralapuilla likaiset kohdat ja muistutella asiaa niiden avulla mieleen myöhemmin. Opittuja asioita sovelletaan myös erilaisiin WC-tiloihin. Opiskelijat saavat kotitehtäväkseen WC:n ylläpitosiivouksen. Kun opiskelijat ovat opinnoissaan toisen opintovuotensa loppupuolella, WC:n ylläpitosiivous alkaa automatisoitua, mutta senkin jälkeen tehdään vielä ajoittain tarkistuksia opitun taidon varmistamiseksi. Kertaus on olennainen osa opiskelua. Näyttökokeessa ylläpitosiivous on yksi laajempi tutkintoalue, ja tämä näyttö on jo 1. opintovuotena. Toisena vuonna kodin perussiivous, edellistä laajempi näyttökoe, järjestetään 2. vuoden aikana. Koska WC:n ylläpitosiivouksen opetuksessa käytetään jo nyt erilaisia tapoja opetella asiaa, toteutettu tukisovellus on vain yksi uusi menetelmä muiden lisäksi. Erilaiset menetelmät toimivat eri tavoin eri opiskelijoiden kohdalla, joten uuden menetelmän saaminen valikoimaan on jo sinänsä hyvä asia. Käytännön työsuoritus korostuu kuitenkin tärkeimpänä osana opetusta, joten sovelluksen käyttö ei korvaa mitään.

Vaikeimmat asiat WC:n ylläpitosiivouksessa ovat aseptinen työjärjestys ja siihen liittyen erityisesti se, että likaisin kohta muistetaan siivota ensin. Myös pyyhkiminen siten että aseptiikka säilyy on hankalaa. Kaikilla opiskelijoilla on erilainen motoriikka, eli siivousliinan käsittely vaatii joiltakin opiskelijoilta paljon harjoittelua, mikä liittyy myös työergonomiaan.

Kysyttäessä opiskelijoiden motivaatioon liittyvistä asioista koskien WC:n ylläpitosiivousta tuli esiin, että sinänsä WC:n siivous ei ole opiskelijoille vastenmielistä, etenkin oppilaitoksen puhtaissa WC-tiloissa. Likainen WC-tila olisi selkeästi ikävämpi työkohte, eli ympäristö jossa siivous tapahtuu on ratkaisevampi kuin siivoustyö itsessään. Kuitenkin WC:n ylläpitosiivoussovelluksen käyttö on tuonut uudenlaista motivaatiota ja kohottanut kyseisen siivoustyön statusta. Aikaisemmin opiskelijat laittoivat mielellään WC-tiloista käytävälle avautuvan oven kiinni toteuttaessaan siivoustyötä, jotteivät muut oppilaitoksen opiskelijat näkisi. Sovellusta käytettäessä opiskelijat pitävät ovea mielellään auki, sillä tablet-laitteen käyttö nostaa statusta ja tekee työstä aivan uudella tavalla hohdokasta. Opiskelijat ovat olleet todella innostuneita sovelluksen käytöstä. Opiskelijoiden oppimispäiväkirjamerkinnöissä näkyy, että kun sovellusta on käytetty, kyseiset päivät ovat merkitty mukaviksi päiviksi. WC:n siivous on ollut sujuvampaa, kun opettaja ei ole vieressä sanomassa asioista, sen sijaan sovellus auttaa. Etenkin yksi opiskelija, joka hermostuu helposti opettajan tai ohjaajan opastuksesta työskentelee sovelluksen kanssa rauhallisesti ja ohjeiden mukaan. Samoin opiskelija, jolla on taipumus

tehdä asiat mahdollisimman nopeasti ja hosuenkin rauhoittuu ja seuraa ohjeita tarkasti kohta kohdalta ja työskentelee siten huolellisemmin. Edistyneemmälle opiskelijalle laite on muistin tuki niissä asioissa, joissa hän ei muista. Muistiongelmaisia laite auttaa muistamaan.

Vaikeinta sovelluksen käytössä on muistaa tehdä kaikki tiettyyn työvaiheeseen kuuluvat useammat asiat. Kun sovellus on käytössä, vaiheiden muistaminen vaatii ajattelua, kun taas käytännössä toimittaessa ilman sovellusta asia etenee enemmän kuin itsekseen. Opettajien näkemys kuitenkin oli, että tästä ei ole haittaa vaan päinvastoin on hyväkin, että opiskelijat joutuvat välillä pysähtymään ja ajattelemaan asioita. Muutoin sovelluksen käyttö on pelille ominaista kokeilua sisältävää, myös pidemmät testit (kuten WC-altaan siivousjärjestystesti) sujuvat ilman turhautumista. Jos testi ei mene ensimmäisellä kerralla oikein (vaikka vain satunnaisesti kokeillen), opiskelijat joutuvat todella miettimään siivousjärjestystä saadakseen testin tehtyä. Sovelluksen avulla opiskelijat malttavat opettajien mukaan paremmin. Sovelluksessa eteenpäin eteneminen vaiheittain on kuin seuraavalle tasolle pääsyä peleissä. Kun eri työvaiheet on paloiteltu useammalle eri näytölle, opettajien mukaan se parantaa ja helpottaa oppimista. Hyvää on, että sovellus ei päästä etenemään ennen kuin opiskelija osaa asioita.

Huonoja ja muutettavia asioitakin esitettiin: teksti olisi hyvä saada suuremmaksi, verkkoysteys ei meinaa toimia WC-tiloissa (latautuu hitaasti) ja videoita ei katsota niiden pitkän latautumisajan takia. Riskinä tai askarruttavana asiana on se, kuinka nopeasti opiskelijat pystyvät luopumaan laitteesta ja pärjäävät omin avuin. Lisäksi sovellus ei sovellu tilanteeseen, jossa siivotaan useampi WC-tila sarjatyönä. Vaikka WC voidaan siivota eri tavoin ja esimerkiksi eri työpaikoissa on omat käytäntönsä, laite ei vaikuta tässä negatiivisesti, sillä muutenkin opetuksessa on käytössä yleensä yksi tapa tehdä asioita, joka opetetaan. Kun käytetään eri tapoja, keinovalikoima kehittyy eikä opiskelija lukkiudu tiettyyn tapaan.

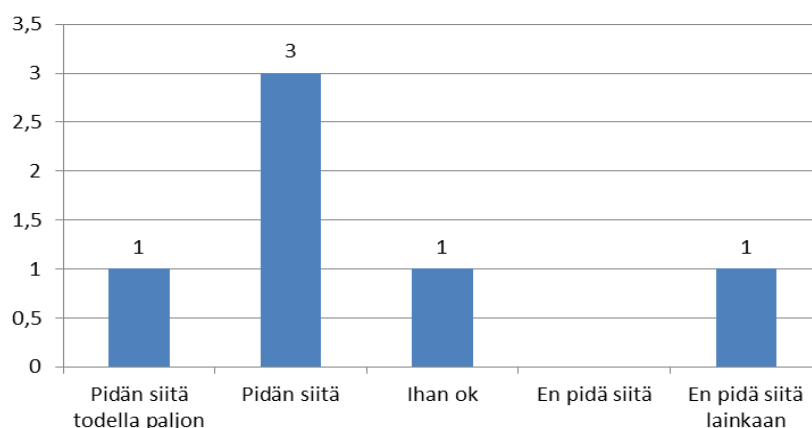
Sovelluksella on opetuksen eriyttämisen kannalta positiivisia vaikutuksia. Sen käyttö myös kohottaa opettajien mukaan opiskelijoiden itseluottamusta. Nuoret ovat kiinnostuneita uusien välineiden käytöstä. Erityisryhmän näkökulmasta olennaisia ovat sovelluksen kuvat, mallioppiminen ja esimerkiksi maahanmuuttajille sovellus voisi opettaa myös samalla ammattisanastoa.

Sovelluksen käyttöönotolla oli vaikutuksia myös opettajan opetukseen. Opettaja tiedostaa, että laite on yksi uusi menetelmä opettaa asiaa. Se helpottaa opettajan työskentelyä, jos sovelluksessa on paljon materiaalia jonka avulla opiskelijat voivat opiskella itsenäisemmin. Konkretia on kuitenkin tärkeää erityisryhmälle eikä sovellus voi korvata sitä.

Opiskelijoiden työskentelyä sovelluksen kanssa tarkkailtiin melko vapaamuotoisesti kolmen WC:n ylläpitosiivouksen taidoissa eritasoisen opiskelijan osalta. Ennen

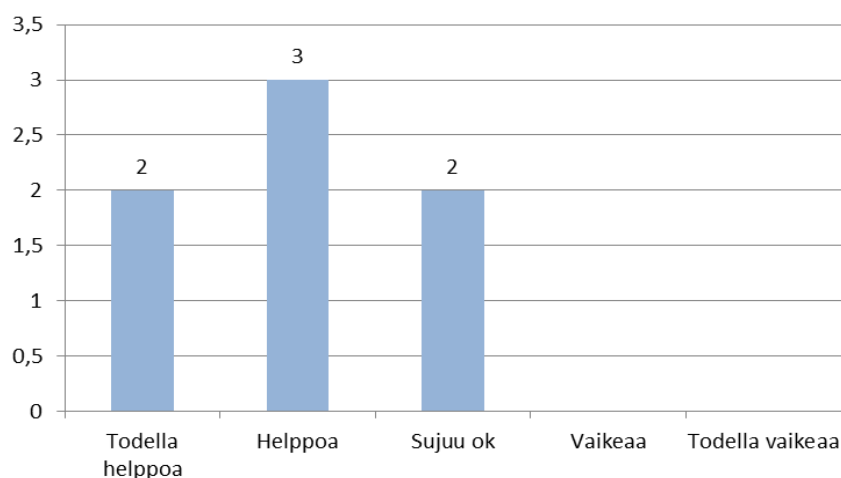
työsuoritusta kaikki paikalla olleista seitsemästä opiskelijasta täytti ennalta lomakkeen, jossa kysyttiin heidän mielipidettään WC:n ylläpitosiivouksesta ja sen opettelusta. Lomakkeella haluttiin saada tietoa siitä, miten opiskelijat asennoituivat WC:n ylläpitosiivoukseen, ja toisaalta miten helpoksi tai vaikeaksi he sen kokivat. Lomakkeen puutteina oli useampien asennoitumista tai vaikeutta mittaavien kysymysten puute, eli kutakin asiaa kysyttiin vain yhdellä kysymyksellä eikä mitään standardoituja asennemittareita käyttäen. Opiskelijoita ei haluttu kuitenkaan kuormittaa liikaa lomakkeen täytöllä, etenkin kun osalla heistä on kognitiivisia ongelmia ja lukihäiriöitä taustalla. Näistä syistä lomakkeella käytettiin 5-portaista asteikkoa, jossa oli myös hymiöitä apuna.

Kysymykseen *"Mitä pidät WC:n ylläpitosiivouksen opettelusta?"* saatiin vastauksia seuraavasti:



Kuva 14. Opiskelijoiden vastausten jakautuminen kysymykseen *"Mitä pidät WC:n ylläpitosiivouksen opettelusta?"*

Opiskelijoilta kysyttiin *"Onko WC:n ylläpitosiivouksen opettelu helppoa vai vaikeaa?"*, johon vastauksia saatiin seuraavasti:



Kuva 15. Opiskelijoiden vastausten jakautuminen kysymykseen *"Onko WC:n ylläpitosiivouksen opettelu helppoa vai vaikeaa?"*

Opiskelijoilta kysyttiin myös vapaamuotoisesti tarkennuksia lomakkeen kysymyksiin, kuten mitkä asiat erityisesti ovat WC:n ylläpitosiivouksessa vaikeita. Pienet yksityiskohdat ovat vaikeita muistaa, yleisilmeen, saippuan ja paperin tarkistaminen unohtuu helposti, lisäksi vaikeaa on muistaa, että käsienpesualtaan pesuharjalla ei pestä WC-allasta. Myös WC-altaan siivousjärjestys on vaikea muistaa. Oppimista auttaisi opiskelijoiden mukaan enempi käytännön harjoittelu, kertaus, eteneminen rauhallisesti vaihe vaiheelta sekä välillä jonkun asian korostaminen opiskelussa.

Työsuorituksen havainnoinnissa tutkijalla oli apunaan ennalta laadittu tarkkailulista, joka koostui jokaisesta sovelluksen näyttökuvasta ja siihen liittyvistä tarkkailukohteista, joihin olisi mahdollista havainnointitilanteessa tehdä nopeasti merkintöjä. Aikataulusyistä lista oli vapaamuotoisesti laadittu, ja sen tarkoitus oli vain hieman ohjata paremmin tarkkailua. Tarkkailukohteet olivat paitsi sovelluksen käytettävyyteen liittyviä (löytääkö opiskelija helposti seuraavaan vaiheeseen johtavat siirtymäpainikkeet, osaako suorittaa testit painelemalla vastauskuvakkeita jne.) sekä sovelluksen oppimista avustavaan vaikutukseen liittyviä (erilaisia asioita, joiden kautta olisi mahdollisesti nähtävissä pohtiiko opiskelija oikeasti asioita ja vaihteleeeko huomionsa kohdetta fyysisestä ympäristöstä sovelluksen esittämiin asioihin) niiltä osin, kuin sitä olisi mahdollista havainnoida. Aikaisempien testailujen perusteella oli ennalta tiedossa, missä asioissa saattaisi tulla ongelmia sovellusta käytettäessä, joten käytettävyyden havainnointiin liittyvät kohteet oli helppo lisätä tarkkailulistalle. Sovelluksen opetuksellista käyttöä sen sijaan olisi hankalampi havainnoida, eikä mitään varmuutta mahdollisesti havaituista oppimiseen liittyvistä asioista olisi mahdollista saada tällä tavoin.

Ensimmäinen kolmesta sovellusta kokeilleesta opiskelijasta oli 2. vuosikurssin opiskelija, ja hän käytti sovellusta "kuivaharjoitellen" ilman siivousvälineitä. Toinen opiskelija oli myös 2. vuosikurssin opiskelija. Hän toteutti samalla sovelluksen avulla WC:n ylläpitosiivouksen käytännössä. Kolmas opiskelija oli 1. vuosikurssin opiskelija, ja hän toteutti WC:n ylläpitosiivouksen sovelluksen avulla osittain, lukuunottamatta aivan viimeisiä siivoustoimenpiteitä.

Opiskelijoille korostettiin, että tarkkailun kohteena on sovelluksen toimivuus ja sen käyttötavat, eivät he ja heidän osaamisensa tai suoritus itsessään. Osallistuminen perustui myös vapaaehtoisuuteen. Henkilötietoja opiskelijoista ei ole ollut tutkijoiden tiedossa koko sovelluksen toteutusprosessin aikana.

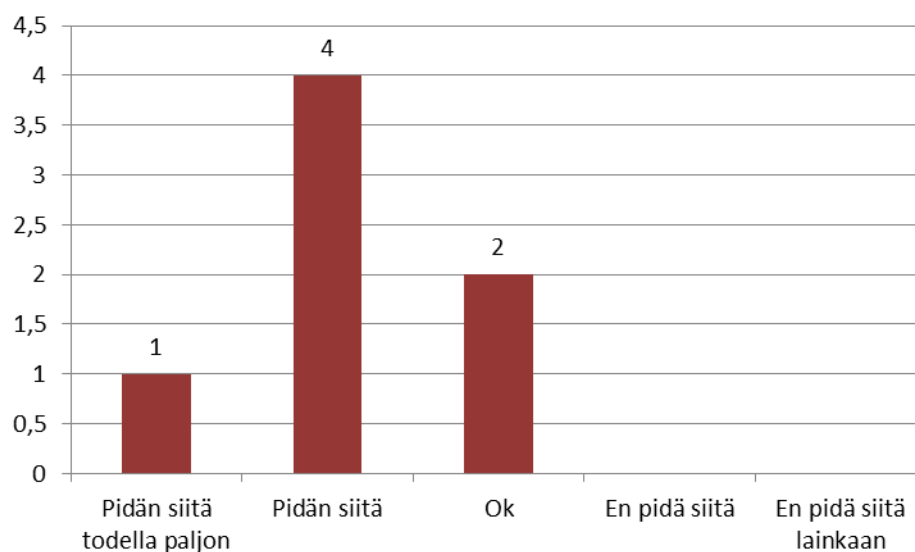
Sovelluksen käyttöä aloitettaessa opiskelijat 1 ja 2 epäröivät hieman aloitusta, ja heitä piti rohkaista alkuun – opiskelijoita pyydettiin lähtemään liikkeelle ja valitsemaan ensimmäisen näytön tehtävästä siivousvaunuun WC:n ylläpitosiivousta tekemään lähdettäessä tarvittavia välineitä. Samoin ensimmäisen tehtävän tekemisen jälkeen ja palautteen ilmestyessä näytölle opiskelija 2 tarvitsi apua, mistä lähteä eteenpäin. Todennäköisesti kyseessä oli ennemminkin jännitys, sillä myöhemmin kyseinen opiskelija osasi

käyttää sovellusta erittäin hyvin, ja etenemispainikkeet olivat kaikilla näytöillä selvästi esillä. Ainoastaan myöhemmillä näytöillä kohdassa, jossa etenemispainikkeen sijasta piti siirtyä testiin koskien WC-altaan siivousjärjestystä opiskelijat 1 ja 2 varmistivat, että siirrytäänkö testiin. Samoin sovelluksen viimeisellä näytöllä, joka on suoritusraporttikooste, opiskelija 2 epäroi mitä tehdä (vaihtoehtoina oli palata alkuun tai sulkea sovellus). Käsienpesualtaan puhdistusnäytöllä kaikkia opiskelijoita askarrutti, kun ohjeessa ei mainittu siivousliinan kostuttamista. Opettajien mukaan kostutustarve on tilannekohtaista eikä sitä siksi haluttu lisätä ohjeeseenkaan. Opiskelija 2 kuitenkin hämääntyi hieman tässä kohtaa miettimään ääneen, tarvitseeko liinaa kostuttaa. Käytön aloitukselta on myös mainittava, että opiskelijalla 2 kesti jonkin aikaa odottaa, että sovelluksen aloitusnäyttö latautui laitteeseen. Verkkoyhteyksien ongelmallisuudesta johtuen sovellukseen upotettuja videoita ei myöskään käytetty lainkaan, koska niiden latautuminen kesti niin kauan. Ohjeessa kuitenkin oli kerrottu tekstimuotoisesti niihin näyttöihin liittyvät työvaiheet, joissa oli myös video saatavilla.

Kaikki opiskelijat näyttivät lukevan aina ohjeet ja palautteet huolellisesti, ainoastaan yhdessä kohdassa opiskelija 2 ja opiskelija 3 yhdessä kohdassa näyttivät hyppäävän palautteen yli. Opiskelijat 2 ja 3, jotka toteuttivat ylläpitosiivouksen samalla kun käyttivät laitetta, laittoivat laitteen aina työsuoritusvaiheessa penkille ja kävivät tarkastamassa useampivaiheisisissa työkohteissa ohjeesta välillä jonkin asian. Markkereita opiskelijat etsivät enemmänkin numeroilla ja oli vaikea havaita, osasivatko opiskelijat jo alkujaan lähteä etsimään seuraavaa markkeria oikeasta paikasta. Ainakin viimeisten markkereiden kohdalla opiskelija 3 joutui etsimään markkeria, eikä selvästikään kovin paljon miettinyt missä seuraava markkeri oletettavasti sijaitsisi. Jokaiselta opiskelijalta kysyttiin havainnoinnin jälkeen, muistivatko he seuraavan työvaiheen automaattisesti vai etsivätkö vain markkeria. Opiskelija 1 sanoi muistavansa melko hyvin ja etsineensä markkerit sen perusteella, missä tiesi niiden olevan.

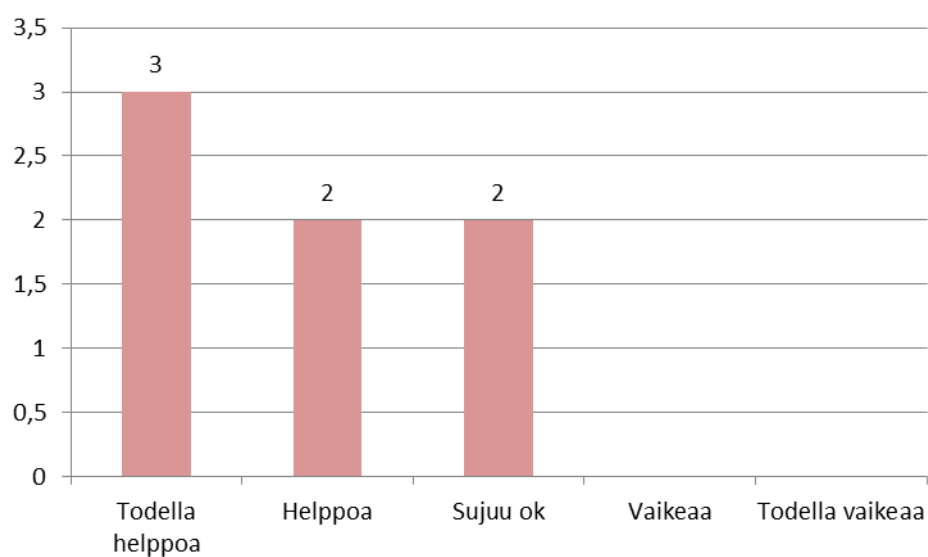
Jälkikäteen kaikki opiskelijat, myös ne jotka eivät tällä kertaa sovelluksen käyttöä keilleet, vastasivat sovelluksen käyttöä koskevaan kyselyyn, jossa oli viisi kysymystä ja ennakkokyselyn tapaan vastausvaihtoehdot olivat 5-portaisella asteikolla, johon oli yhdistetty hymynaamoja.

Opiskelijoilta kysyttiin, mitä he pitivät sovelluksesta. Kukaan ei suhtautunut siihen negatiivisesti, ja vastaukset olivat varsin positiivisia.



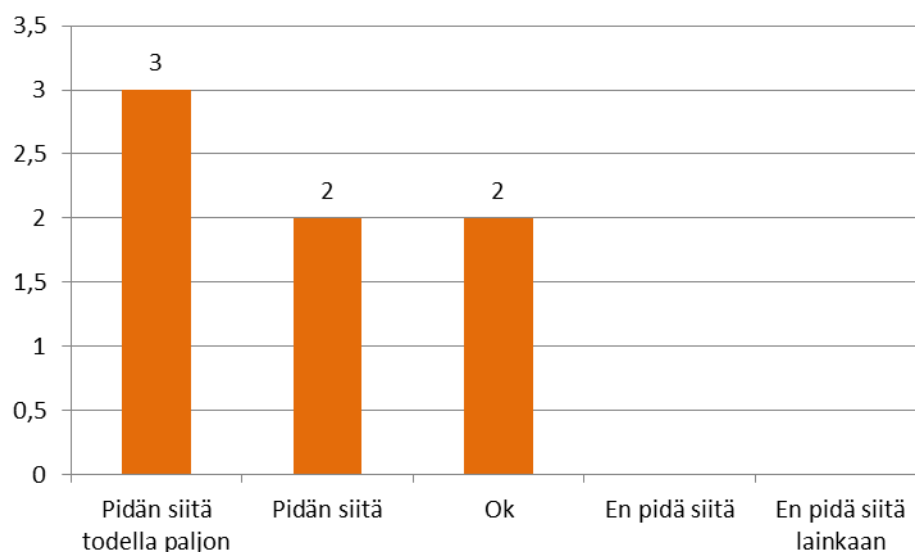
Kuva 16. Opiskelijoiden vastausten jakautumien kysymykseen "Mitä pidät sovelluksesta?"

Sovelluksen käyttö ei ollut opiskelijoiden mielestä vaikeaa vaan vähintäänkin sujuvaa.



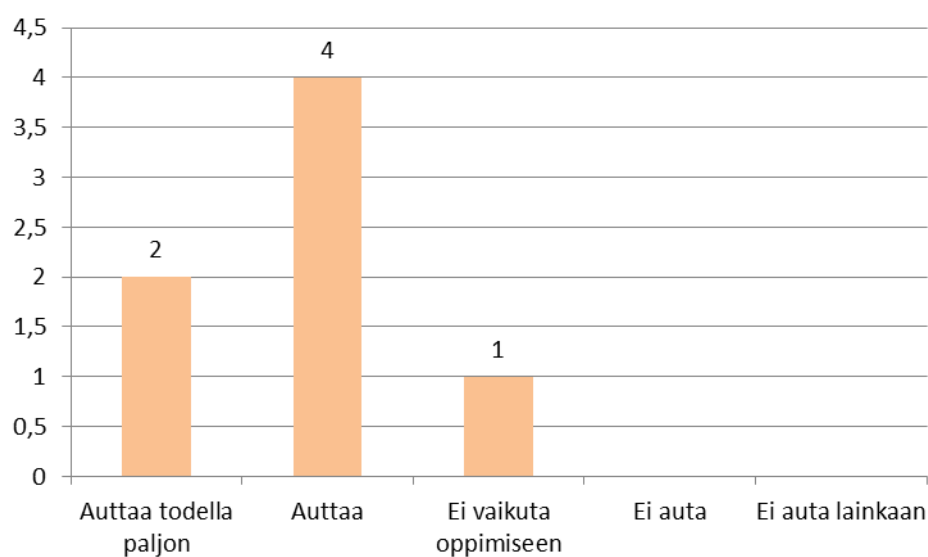
Kuva 17. Opiskelijoiden vastausten jakautuminen kysymykseen "Onko sovelluksen käyttö helppoa vai vaikeaa?"

Tablet-laite jolla sovellusta käytetään ei myöskään herätä negatiivisia ajatuksia.



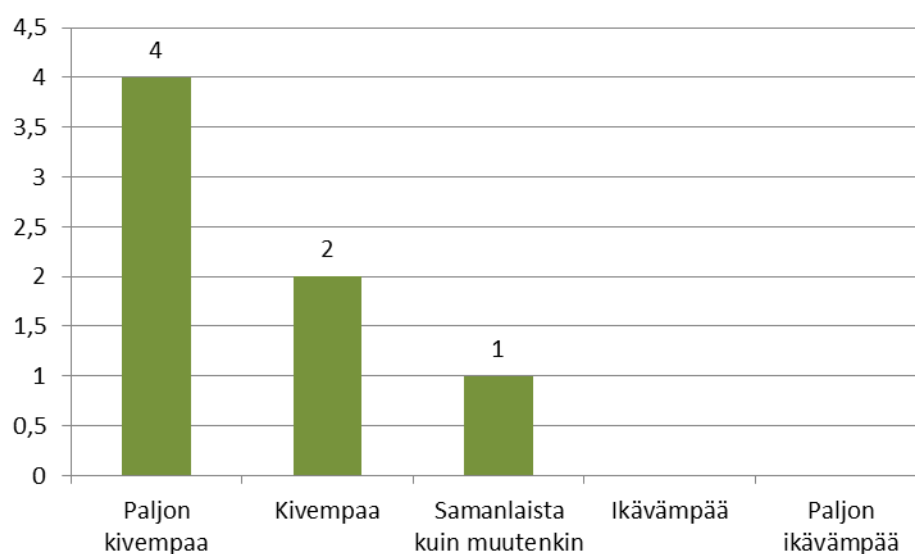
Kuva 18. Opiskelijoiden vastausten jakautuminen kysymykseen "Mitä pidät tablet-laitteesta?"

Enemmistön mielestä opiskelijoista sovelluksen käyttö auttaa oppimaan WC:n ylläpito-
siivousta, yhden mielestä se ei varsinaisesti vaikuta oppimiseen.



**Kuva 19. Opiskelijoiden vastausten jakautuminen kysymykseen "Auttaako sovelluksen käyttö oppimaan WC:n ylläpito-
siivousta?"**

Opiskelu on opiskelijoiden mielestä kivempaa, kun he saavat käyttää laitetta ja sovellusta apuna, yhden opiskelijan mielestä samanlaista kuin muutenkin.



Kuva 20. Opiskelijoiden vastausten jakautuminen kysymykseen "Onko opiskelu sinusta kivempaa, kun käytät laitetta ja sovellusta?"

Lomakkeen täytön jälkeen opiskelijoilta kyseltiin jälleen tarkennuksia vapaamuotoisesti. Sovelluksessa eniten pidettiin siitä, että se tuo vaihtelua opiskeluun, sen käyttö on helppoa (2 mainintaa), käyttö on kivaa (2 mainintaa) ja sen avulla oppii (2 mainintaa) ja on helppo ymmärtää mitä sovelluksessa kehoitetaan tekemään.

Vähiten sovelluksessa pidettiin siitä, että videoiden latautuminen kestää kauan (6 mainintaa) ja myös aloitettaessa sovelluksen käyttöä sen latautumisessa saattaa mennä aikaa (2 mainintaa). Ikävää on myös se, että siivoustyön joutuu välillä keskeyttämään, kun sovellusta käytetään. Myös sovelluksen kirjasinta toivottiin suurennettavan, sillä se on melko pieni.

Asioita joiden oppimista sovellus erityisesti auttaa ovat opiskelijoiden mukaan WC:ltään siivoaminen (4 mainintaa) sekä käsienpesualtaan siivoaminen.

Kysyttäessä lopuksi tarvitaanko sovellusta vai onko se täysin turha, yksi opiskelija toteasi, että jos pitäisi valita opettajan ja sovelluksen väliltä, valinta olisi ehdottomasti opettaja, mutta muutoin sovellus oli mukava lisä opiskelun tueksi.

Sovellus on ollut tarkoitus pitää jatkossakin www-selaimella toimivana, mutta offline-käytön salliva sovellus voisi olla parempi verkkoyhteysongelmien vuoksi.

3.1.3 Sovelluksen teknisestä toteutuksesta

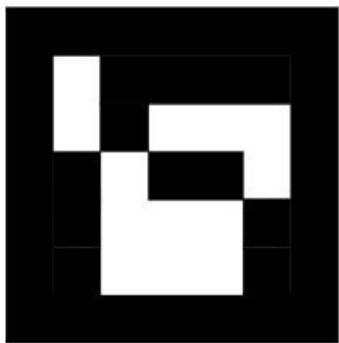
WC:n ylläpitosiivoussovellus toimii tablet-laitteilla. Helpon käsiteltävyyden saavuttamiseksi toimintaympäristössä valitun tabletin tulisi olla pienemmästä päästä. Testauksessa käytetty tabletti oli varustettuna seitsemäntuumaisella näytöllä, ja oli tarpeeksi pieni ja kevyt periaatteessa käytettäväksi yhdelläkin kädellä. Käytännössä kuitenkin sujuva käyttö vaatii molempia käsiä, ja pieni koko helpottaa lähinnä liikkumisessa ja laitteen kohdistamisessa.

Sovellus toimii HTML5 draft -ominaisuuksiin kuuluvat WebRTC:tä, joka sallii selaimessa toimivan ohjelman käyttää laitteen kameraa. Koska WebRTC on vasta draft-asteella, toisin sanoen se ei vielä ole hyväksytty ja sen määrytykset saattavat tulla muuttumaan, vain muutama selainversio tarjoaa siihen toteutuksen ja nekin vaihtelevilla tavoin.

Testatuista selainversioita vain tietyt beta- eli esiasteella olevat selaimet toteuttivat WebRTC:n siten, että kehittäjä pystyi valitsemaan laitteen mahdollisesti useammasta kamerasta halutun, eli tässä tapauksessa ns. takakameran käyttäjää kohti katsovan videopuhelukameran sijaan.

Sovellus on toteutettu HTML5-tekniikoilla. Toteutuksen aikana HTML5 spesifikaatio ei kuitenkaan ollut vielä lopullisessa vaiheessaan ja siihen saattaa tulla muutoksia. Yleisesti katsotaan kuitenkin sen saavuttaneen sellaisen kypsyyssasteen, että sen keskeisimmät ominaisuudet eivät enää tule muuttumaan merkittävästi ja eri selainvalmistajien toteutuksetkin alkavat enenemissä määrin muistuttaa keskenään toisiaan.

HTML5 vastaa ohjelman näkymien rakenteesta ja tiedon kapsuloinnista. CSS -tyyleillä luodaan ohjelman visuaalinen ilme ja JavaScript-ohjelmistokoodi vastaa interaktioista. Ohjelma hyödyntää js-aruco-kirjastoa, joka on JavaScript toteutus ArUcon-konenäkökirjastosta⁵. Tämä kirjasto kykenee käsittelemään laitteen kameralta saamaansa kuvasignaalia ja tunnistamaan siitä tietyn säännön toteuttavia kuvioita.



Kuva 21. Koneellisesti tunnistettavissa oleva säännönmukainen kuvio.

⁵ <https://code.google.com/p/js-aruco/>

Tunnistetuista kuvioista voidaan kulmapisteiden sijaintimatriisiin erotuksista laskea kuvion orientaatio, mutta tämän sovelluksen osalta merkittävintä oli vain se, katsotaanko laitteella kuviota ja jos katsotaan, niin mitä tiettyä kuviota.

Säännön täyttäviä erilaisia kuvioita on useita kymmeniä ja niitä on melko yksinkertaista suunnitella normaalilla kuvankäsittelyohjelmalla. Jos jokainen käytetty kuvio on erilainen, voidaan niille määritellä tunnistenumero ohjelman käyttöön. Näin tiedetään tarkalleen, mihin tiettyyn kuvioon laitteella katsotaan ja sen myötä voidaan ohjelmaa ohjeistaa näyttämään kyseiseen "rastiin" liittyvää tietoa.

Kun tiettyyn kuvioon on katsottu, voidaan kameranäkymä piilottaa ja näyttää kyseiseen kuvioon tai tässä tapauksessa rastiin liittyvät tiedot. Tiedot voivat olla tekstuaalisia, kuvia, videoita tai tehtäviä, kuten monivalintatehtävät ja oikean järjestyksen valinta. Kun käyttäjä sulkee rasti-ikkunan, palautuu ohjelma kameranäkymään ja alkaa taas etsiä uusia, vielä lukemattomia kuvioita.

Jo silkkä kameranäkymän näyttö isolla ruudulla voi joillain laitteilla aiheuttaa huomattavaa hidastumista, eikä kuvasignaalin käsittely kuvioden tunnistamiseksi ole kevyimmästä päästä laskutoimituksia laitteen suorittimelle. Kuitenkin käytössä olleilla halvemman hintaluokan tableteilla tämä onnistui siedettävän nopeasti.

3.1.4 Pohdintaa

Toteutetun sovelluksen suunnittelu tapahtui hyvin pitkälti kohderyhmän tarpeiden pohjalta ja tiiviissä yhteistyössä opettajien ja opiskelijoiden kanssa. Sovellusta kehitettiin pienin askelin käytännön kokeiluissa havaitun palautteen pohjalta. Näin ollen suunnitteluprosessi vei melko paljon aikaa, mutta valmis sovellus oli tarkkaan mietitty. Tämä näkyi sekä kyselypalautteissa, sovelluksen käytön havainnoinnissa että opettajien haastatteluissa, eli sovellus on melko lailla toimiva ja helppokäyttöinen.

Alun perin tavoitteena oli tehdä nimenomaan lisättyä todellisuutta hyödyntävä opetussovellus. On kuitenkin todettava, että sovellus ei ole tiukan määritelmän mukaan lisättyä todellisuutta — se ei täytä tunnetun määritelmän (Azuma 1994) mukaisia kriteereitä täysin, eli sisältöä ei ole tarkasti kohdistettu markkerin kanssa, vaan kustakin markkerista avautuva sisältö on mahdollista lukea vieden laite pois markkerin läheisyydestä. Sovelluksen kameranäkymää ei tarvita muuhun kuin markkereiden skannaamiseen, ja periaatteessa sovellus olisi voitu toteuttaa myös QR-koodein. Mikäli sisällöt olisi esitetty markkerin kanssa kohdistetusti (eli vain silloin kun markkeri on laitteen kameralle näkyvissä ja sisällöt kohdistuen siivouskohteen päälle), olisi sovelluksen käytettävyydestä jouduttu tinkimään. Käytettävyyden vuoksi sovelluksen kehittämisessä jouduttiin tekemään myöhemmin ratkaisuja, jotka vaativat vain oikean työvaiheen markkerin skannaamisen oikeiden sisältöjen esille saamiseksi, joten tältä osin sovellus loittoni yhä

kauemmas varsinaisesta lisäystä todellisuudesta. Klopferin & Squiren (2008) mukaan kuitenkin lisätyn todellisuuden opetuskäytön osalta voidaan tinkiä tiukasta lisätyn todellisuuden määritelmästä. Olennaista on sitoa esitetyt sisällöt jollakin tavalla autenttiseen ympäristöön, tässä tapauksessa WC-tiloihin.

Uutta sovelluksessa on se, että sitä voidaan käyttää erilaisissa WC-tiloissa työtaitojen joustavan soveltamisen oppimiseksi, ja sen avulla on mahdollista opiskella teoreettisia asioita aidossa työympäristössä. Situationaalisen kognition teorian mukaan kognitiiviset prosessit ovat sidoksissa ympäristöön, jossa ne toteutetaan. Sovelluksen avulla voidaan opetella oikeat työvaiheet hyödyntäen kognitiivisten tukien (scaffolds) käyttämistä helpottaen tai vaikeuttaen siivousjärjestyksen opettelua asteittain opiskelijan taitotason mukaisesti: aluksi opettaja voi olla opiskelijan tukena tai opiskelija voi itsenäisesti koettaa etsiä seuraavan työvaiheen numeroitujen markkereiden avulla, myöhemmin numerointi voidaan jättää pois. Myös sovelluksessa sisällä olevat erilaiset kriittisiä oppimiskohteita testaavat tehtävät auttavat opiskelijaa oppimaan.

Vaikka sovellus toteutettiin työsuorituksen kuivaharjoittelun tueksi, sitä kuitenkin käytettiin osana oikean työsuorituksen toteuttamista. Opiskelijoille oli hankittu käyttöön näyttökynä, jotta sovelluksen käyttö sujuisi myös kumihansikkaat kädessä. Kuten ennalta arveltiin, työn toteuttaminen kädessä pidettävän näyttölaitteen kanssa tuskin olisi kovin sujuvaa eikä se ollut tavoitteenakaan sovellusta kehitettäessä mobiilialustalle.

Valitettavasti sovelluksen käyttöä havainnoitaessa ei ollut kovin hyvin mahdollista saada vihjeitä siitä, mikä fyysisen ja virtuaalisen rajapinnalla mahdollisesti olisi se tekijä, joka auttaa oppimaan. Opiskelijat pitkälti käyttivät sovellusta niin, että olivat keskittyneet siihen pelkästään eivätkä niinkään WC-ympäristöön muutoin kuin toteuttaessaan siivoustoimenpiteitä. Tästä on kuitenkin vaikea saada varmuutta. Sovellusta ei oltu lopulta rakennettu niin, että se pakottaisi oikeasti toimimaan fyysisen ja virtuaalisen rajapinnalla, mikä olisi tutkimuksen kannalta kiinnostavinta. Opettajien olisi lisäksi ehkä syytä vielä enemmän korostaa opiskelijoille kun sovellusta käytetään, että he voisivat koettaa miettiä kytköksiä käytännön ja sovelluksen välillä. Myös työopastesovellusten osalta tutkimuksessa havaittu ongelma toimimisesta vain sovelluksen ohjaamana, ilman opetettavien asioiden pohdintaa ja kognitiivisten tukien hyödyntämisen vähentämistä on syytä ottaa vakavissaan. Lisätyn todellisuuden sovelluksissa virtuaalisten apujen tulisi olla tarjottu oikealla ja kontrolloidulla tavalla, ettei suorituksesta tule pinnallinen (Gavish et al 2011, Yuviler-Gavish 2011.)

Vaikka opiskelijoille teetätettyjen palautekyselyiden pohjalta ei voida pienen vastaajamäärän pohjalta vetää kovin voimakkaita johtopäätöksiä, yhdessä opettajilta haastatteleamalla kerätyn palautteen perusteella nousi kuitenkin esiin muutama tärkeä seikka,

joiden pohjalta sovelluksella on omia hyötyjä, joita ei ole perinteisin menetelmin saatu aikaan tai jotka ainakin muuten tukevat sovelluksen käyttöä:

- Sovellus näytti motivoivan opiskelemaan. Opiskelijat pitivät sovelluksen käytöstä, ja uuden teknologian tuominen opetukseen voi toimia innostajana ja jopa ammatin statuksen kohottajana.
- Sovellus tuki erilaisten opiskelijoiden oppimista. Sovelluksen hyödyntäminen voi olla merkittävää erityisesti sellaisen opiskelijan kannalta, joka tässäkin opiskelijaryhmässä turhautui opettajan ohjeista, vaikka selvästi tarvitsi apua. Myös keskittymisvaikeuksista kärsivä ja hosuva opiskelija malttoi sovelluksen avulla rauhoittua työhön. Tätä kautta on mahdollista, että opiskelijan käsitys omasta osaamisestaan ja itsenäisemmän työsuorituksen tekemisestä luo positiivisia vaikutuksia omaan ammatti-identiteettiin ja käsitykseen itsestä oppijana. Myös opetuksen tarjoaminen opiskelijan kulloisellakin taitotasolla voidaan jossain määrin ottaa huomioon sovelluksessa numeroitujen ja numeroimattomien markkereiden käytöllä.
- Opettajat voivat saada myös palautetta opiskelijan itsensä ohella sovelluksen sisältämien testien kautta osaamisen kehittymisestä. Opettajat toivat esiin, että pidempien testienkin (joissa piti osata valita oikea WC-altaan siivousjärjestys) osalta opiskelijat suhtautuivat testiin pelillisesti eivätkä hermostuneet, jos testi ei meinannut mennä oikein.

Riskinä sovelluksen käytössä on opettajienkin esiin tuoma luopuminen sovelluksen ohjeista tehtäessä WC:n ylläpitosiivousta. Tähän olisi periaatteessa mahdollista kehittää sovellukseen vielä lisää asteittain väheneviä tukia, jotka kannustaisivat paremmin eri työvaiheiden muistamiseen ilman sovellustakin.

3.2 Autenttiseen ympäristöön viety paikkatietopohjainen opetussovellus: Metsäopetuspolku

Toinen hankepilotti toteutettiin yhteistyössä Suomen metsäkeskuksen Pirkanmaan Bittimetsä -hankkeen ja Metsäkeskuksen kouluyhteistyön toteuttajan Suomen 4H-liiton kanssa. Tavoitteena oli rakentaa lisättyä todellisuutta ja paikkatietoa hyödyntävä metsäopetuspolku peruskoulun ylempien luokkien oppilaiden ja laajemmin kaikkien metsäsasioista kiinnostuneiden käyttöön Tampereelle.

3.2.1 Sovelluksen suunnitteluprosessi

Sovellusta lähdettiin toteuttamaan alun perin siitä syystä, että oli havaittu tarve hyödyntää metsäalan opetuksessa uudenlaisia opetusmenetelmiä, jotka olisivat nykynuoria motivoivia. Toisaalta mobiililaitteet ovat nykyisin laajasti käytössä kaikenikäisillä myös toissijaista käyttäjäryhmää eli kaikkia metsäsasioista kiinnostuneita ajatellen.

Metsäkeskus on toteuttanut Tampereelle Kaupin ulkoilualueelle QR-koodeihin perustuvan metsäopetuspolun. Sen ongelmana ovat maastoon sijoitetut QR-koodit, jotka voivat valitettavasti joutua ilkivallan kohteeksi ja miksei sääinkin armoille. Näin olleen koodien ylläpito vaatii vähintäänkin säännöllistä tarkistamista. GPS-koordinaatteihin perustuva polku voidaan toteuttaa ilman mitään maastoon vietäviä merkkejä, ja toisaalta sovellus on mahdollista monistaa käyttöön varsin helposti useammassakin metsäympäristössä, jos se vain muuten on lokalisoitavissa metsätyyppien ja kasvillisuuden ym. osalta.

Paikkatietopohjainen metsäopetuspolku päätettiin toteuttaa Tampereen Pyynikille, koska se on helposti saavutettavalla paikalla ja tarjoaa siten mahdollisuuden päästä helposti tutustumaan esimerkiksi eri koululaisryhmille. Sovelluksen perustana toimivat maastoon sijoitetut 9 rastia, joissa kullakin tutustutetaan kävijä hieman erilaisiin suomalaiseseen metsään liittyviin asioihin. Tavoitteena on lisätä koululaisten metsätietoutta. Sovellukseen haluttiin toteuttaa myös pelillisiä elementtejä ja rastien ympäristöön suoraan kytkeytyviä tehtäviä, jotka motivoisivat oppilaita oppimiseen. Myös lisättyä todellisuutta haluttiin ottaa mukaan esimerkiksi maastoon toteutettavien augmentointien muodossa.

Sovellukseen kehitettiin taustalle kehystarina, jossa oppilas perii kuvitteellista metsää sovelluksen toimintaympäristöstä. Tarinan on tarkoitus auttaa oppilasta miettimään erilaisia metsänsäilytyksen mahdollisuuksia aina virkistyskäytöstä taloudelliseen hyödyntämiseen omasta tilanteestaan käsin. Oppilaat etenevät sovelluksen tarjoaman karttanäkymän kautta rastilta toiselle. Sovellus näyttää reaaliaikaisesti, miten oppilas etenee maastossa. Kun oppilas saapuu rastin läheisyyteen, sovellus avaa näkyviin rastiin liittyvää sisältöä – tekstiä, kuvia, videoita ja testejä.

Rastit on jaettu sovelluksen sisällä kolmen pääosion alle: 1) Talouskäyttö, monikäyttö ja suojele, 2) Metsätalouden eri vaiheet: metsän uudistaminen ja puunkorjuu sekä 3) Puutavaran tuottaminen ja jatkojalostaminen. Sovellus tuo erilaisia näkökulmia metsäasioihin. Vaikka taloudellinen näkökulma on vain yksi, kehystarinaa haluttiin linkittää tämä näkökulma, sillä sen kautta oppilaiden on ehkä konkreettisinta tarkastella metsäasioita.

Sovelluksen suunnittelua tehtiin valitettavasti ilman kohderyhmän mukanaoloa, toisin kuin WC:n ylläpitosovelluksen osalta. Suunnittelussa olivat kuitenkin mukana tiiviisti sekä Metsäkeskus että 4H, joilla on paljon kokemusta koulujen metsäopetuksesta ja sitä kautta myös näkemystä kohderyhmästä. Suunnittelua tehtiin pitkälti samalla tavalla kuin Orimattilan sovelluksenkin osalta, eli järjestettiin yhteisiä suunnittelupalavereja, joiden välillä sovellusta kehitettiin hiljalleen yhä enemmän kohti lopullista muotoa.

Sovelluksen toteutuksessa pyrittiin hyödyntämään olemassaolevista vastaavista toteutuksista saatuja kokemuksia. Esimerkiksi Klopferin (2008) kuvaamat ja useissa muissakin esimerkeissä tässä raportissa kuvatut paikkatietopohjaiset opetussovellukset ja niiden käytöstä saadut tutkimustulokset olivat innoittamassa toteutusprosessia. Valitettavasti läheskään kaikkia oppeja ei pystytty hyödyntämään, ja erityisesti pelillisten elementtien osalta on todettava, että pelisuunnitteluosaamista olisi tarvittu.

Kehystarinan ja ylipäättään tarinallisuuden integroiminen sovellukseen oli yksi harkittu valinta. Myös monille alueen opiskelijoille henkilökohtaisestikin tärkeä metsäympäristö saattaisi auttaa oppilaita miettimään erilaisia metsään liittyviä arvoja huolellisemmin. Valitettavasti kuitenkin tarinan integrointi sisältöihin jäi ehkä hieman irralliseksi ja keinotekoiseksi. Pyrimme myös kiinnittämään huomiota mm. rastien etenemisjärjestyksen osalta siihen, että se ei olisi kaikilla opiskelijoilla sama, koska tämän on todettu aiheuttavan kilpailua oppilaiden välillä, joka johtaa vain sovelluksen mahdollisimman nopeaan suorittamiseen, ja oppiminen voi jäädä sivuseikaksi. Tiedossa oli myös se, että sovellusta käyttävien oppilasryhmien eri jäsenille olisi hyvä roolittaa tehtäviä siten, että kaikkien oppilaiden panosta tarvittaisiin niiden ratkaisuun, eikä kukaan pystyisi yksin ratkaisemaan tehtäviä. Tämän vaatimuksen integrointi sovellukseen oli olemassaolevilla resursseilla hankala toteuttaa samalla tavoin, kuin esimerkiksi tutkimuskirjallisuudessa kuvattujen toteutusten osalta oli tehty.

Keskustelua oli myös siitä, voisivatko opiskelijat hyödyntää oikeita mittavälineitä esimerkiksi puiden ympärysmittan tai runkoluvun mittaamisessa. Koska sovellus haluttiin toteuttaa niin, että se itsessään auttaisi myös ratkomaan tehtäviä, haluttiin että mitään muuta aineistoa ja välineitä ei tarvitsisi ottaa mukaan metsään kuin mobiililaitte.

Tee valinnat metsänuudistamiseksi

Kasvatettava puulaji **mänty** kuusi rauduskoivu ?

Uudistamistapa **kylvö** istutus luontainen ?

Muokkaustapa **äestys** laikutus mätästys ?

Katso palaute

Edellinen

Kuva 22. Kuva sovelluksen tehtävänäytöltä.

Oppisisältöjen osalta käytiin paljon keskustelua. Todettiin, että sovelluksessa on pidäydettävä hyvin perustason asioissa, mutta käytännössä rajaa oli vaikea vetää siihen, mitkä ovat perusasioita ja mitkä eivät. Sovelluksen haluttiin olevan myös oikeasti metsäalan sanastoon ja esimerkiksi mittausmenetelmiin integroituva, joten osa sisällöistä

välttämättä vaati enemmän teoriapohjaista kuvausta. Pyrimme kaiken aikaa pitämään sovelluksen riittävän suppeana esimerkiksi yhdellä näytöllä esitettävien sisältöjen osalta, mutta tiedostimme silti, että joiltakin osin sisältöjä oli luultavasti hieman runsaanlaisesti. Tarkoitus oli myös opastaa asioihin mobiililaitteen mahdollistamin asioin eikä perinteisen tekstimuotoisen aineiston lukemisen kautta. Tästä tavoitteesta huolimatta sovelluksesta tuli lopulta hyvin tekstipohjainen.



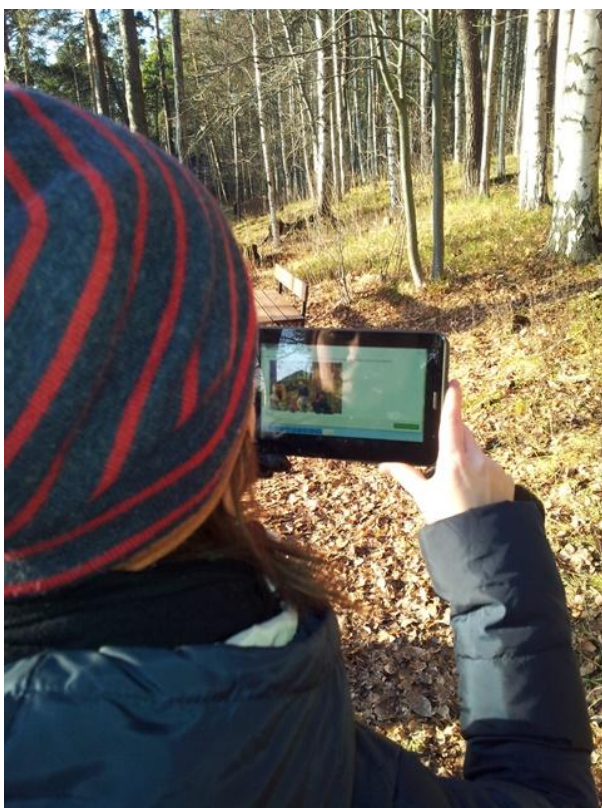
Kuva 23. Kuva sovelluksen tehtävänäytöltä (kasvitunnistustehtävä).

Käytettävyyteen ja pedagogiseen käytettävyyteen liittyviä asioita pyrittiin huomioimaan ja niiden osalta tehtiin erillisiä tarkistuksia sovelluksen ollessa jo melko lähellä lopullista muotoaan. Yhtenäistimme näyttöjen suunnittelua suhteessa toisiinsa, erivärisillä painikkeilla toteutettiin eri asioita (rastin sisäisten tietosivujen selaamiseen oma värinsä, seuraavan rastin siirtymäohjeen näyttämiseen oma värinsä jne.). Siirtymäpainikkeiden varmistettiin löytyvän aina samasta paikasta näyttöä. Oppilasta haluttiin myös informoida siitä, missä osassa materiaalia hän kulloinkin liikkui. Tämä oli kuitenkin jokseenkin haastavaa toteuttaa mobiililaitteen pienillä näytöillä.



Kuva 24. Kuva sovelluksen navigaatiota havainnollistavalta näytöltä.

Sovellusta käytiin testaamassa maastossa lukuisia kertoja suunnitteluprosessin aikana, jolloin havaittiin myös teknologiasta johtuvia ongelmia, jotka hieman hankaloittivat testien suorittamista. Uusien selainversioiden päivitysten myötä saattoi esiin tulla ongelmia, jotka vaativat esimerkiksi uusien selainliitännäisten versioiden etsimistä ja asentamista, jotta kaikki sisällöt näkyivät halutulla tavalla. Toisaalta sovelluksen käyttöympäristössä tehty testaus oli todella tärkeää, moni ongelma ei olisi pelkän työpöytätestauksen avulla tullut esiin ja erityisesti ongelmien vaikutus sovelluksen käyttöön oli aivan eri luokkaa ulkoympäristössä sään armoilla. Auringonpaisteen vaikutus näyttöön tuli testattua, usean käyttäjän seisominen saman laitteen ympärillä katsomassa sisältöjä, GPS:ään liittyvät ongelmat kuten rastien löytymistäisyyden säätäminen halutuista rastikoordinaateista tulivat koettua. Niiltä osin kuin ongelmia ei pystyittäisi edes sovelluksen kehittämisen näkökulmasta ratkaisemaan, pystyimme laatimaan sovelluksen käyttäjälle sellaiset käyttöohjeet, joiden avulla hän voisi olla jo ennalta varautunut tiettyihin ongelmiin ja niiden minimoimiseen.



Kuva 25. Sovellusta testaamassa.

Lopulta sovelluksesta ei tullut lisättyä todellisuutta maastossa esitettävien augmentointien muodossa, vaan kyseessä on enemmänkin tavallinen paikkatietosovellus. Augmentointien toteuttamiseen ei käytetty teknologia taipunut suoraan, ja niiden liittäminen mukaan muulla tavoin toteutettuna ei käytettävissä olevien resurssien puitteissa ollut mahdollista. Pari laitteen kameranäkymää hyödyntävää toteutusmaastosta lisätietoa tarjoavaa yksityiskohtaa sovellukseen toteutettiin, mutta erityisesti toinen niistä on enemmänkin opetuksellisesti lisäarvoton yksityiskohta.

3.2.2 Sovelluksen käytön testaus

Sovelluksen kanssa tehtiin yksi maastotestaus, jossa testajana oli 8.-luokkalainen koululainen. Alunperin ajatuksena oli testata sovelluksen käyttöä isommallakin koululaisryhmällä, mutta sovelluksen toteutuksen aikatauluviivästymät ja sovelluksen sidonnaisuus kesäajankohtaan eivät mahdollistaneet tällaista testausta.

Testaustilanne oli epämuodollinen, ja sen avulla pyrittiin saamaan perusnäkemys siitä, miten sovellus toimii sitä ennen käyttämättömällä henkilöllä, joka kuuluu sovelluksen ensisijaiseen kohderyhmään. Ennalta kerrottiin, että tarkoituksena ei ole testata koululaisen osaamista, vaan itse sovellusta, jonka pitäisi itse opastaa kulkemaan metsäopetuspolku alusta loppuun. Testaajalle korostettiin, että hän voi kysyä ja kommentoida testin aikanakin kaikkea sovellukseen liittyvää mukana kulkevilta sovelluksen toteuttajilta. Koska testipäivä oli aurinkoinen, mainittiin valon mahdollisesta häikäisystä, ja tiedotettiin myös mahdollisesta epätarkkuudesta GPS:n osalta, joka saattaa aiheuttaa rastien haeskelua (eli rastiin liittyvä sisältö ei välttämättä avaudu täsmälleen siinä pisteessä, mihin rasti on kartalla sijoitettu, vaan käyttäjä saattaa joutua hieman kuljeskelemaan rastin läheisyydessä edestakaisin).

Testaajalta kysyttiin ennen sovelluksen kokeilua, missä määrin hän on ennestään opiskellut metsäasioita esimerkiksi koulussa. Lukuunottamatta noin vuosi aikaisemmin koulussa järjestettyä metsäpäivää ei metsäasioita ei oltu juuri opiskeltu. Testaajalta kysyttiin myös yleisesti hänen teknologiankäytöstään — testaajalla itsellään oli älypuhelin ja hän on käyttänyt kotona tablet-laitteita. Koulussa ei kuulemma juurikaan käytetä vastaavia teknologioita tai opetussovelluksia, ainoastaan tiedonhakua oli joskus tehty älypuhelimilla.

Koululaiselle annettiin tablet-laite, ja selitettiin lyhyesti sovelluksen toimintaperiaate: sovellus ohjaa suoraan kulkemaan oikeaan paikkaan ja esittää aina tietylle rastille saatuttaessa erilaisia sisältöjä. Opiskelijan ei tarvitse muuta kuin seurata sovelluksen antamia ohjeita ja edetä niiden mukaan. Kartalla näkyvän hahmon kerrottiin liikkuvan reaaliaikaisesti testaajan liikkumisen mukana, ja seuraavan rastin kerrottiin näkyvän kartalla aina punaisella pinnillä merkittynä, muiden rastien taas harmaalla pinnillä merkittynä.

Pientä varovaisuutta oli heti alkuun havaittavissa, mutta testaaja osasi toimia heti melko luontevasti sovelluksen kanssa. Muutamia tarkentavia kysymyksiä esitettiin sovelluksen sisältöihin liittyen, ja aluksi pariin kertaan varmistettiin, että tästäkö pitää painaa seuraavaksi, mutta sovelluksen käyttö oli varsin itsenäistä. Testaaja mainitsi yhden pohdintatehtävän kohdalla, että ryhmässä olisi helpompi suorittaa tehtäviä — ryhmässä toimiminen sovelluksen avulla onkin sovelluksen käytön alkuperäinen tarkoitus. Testin kautta alkoi vaikuttaa siltä, että suuri osa sovelluksen käyttöajasta kului näyttöjen tekstien lukemiseen. Tekstiä oli lopulta melko paljon sovelluksessa, mikä ei tue kovin

hyvin autenttisen metsäympäristön hyödyntämistä. Mukana oli myös joitakin tehtäviä, joissa piti kiinnittää huomiota ympäröivään maastoon, mutta muutoin sovelluksen käyttö näytti koostuvan pääsääntöisesti rastilta toiselle kulkemisesta ja lukemisesta. Tablet-laitteen käyttö vaikutti sujuvalta, ja vaikka testilaitteen kosketusnäyttö ei ole edes tarkimmasta päästä (jolloin pienimpien painikkeiden valitseminen vaatii tarkkuutta), mitään ongelmia ei ilmennyt esimerkiksi vahingossa tehtyinä väärinä valintoina. Yhdessä sovelluksen tehtävässä täytyy valita liukusäätimellä oikea lukuarvo puun pituuden ja halkaisijan ilmaisemiseksi, tämäkin säätö onnistui hyvin. Yksi rasti, jonka tehtävän suorittamiseen liittyi tietyn puun tunnistaminen maastossa, sijaitsi väärissä koordinaateissa, ja oikean puun etsiminen herätti siksi hämmennystä, kun kuva ei vastannut ympäristöä. Muutamia muitakin pieniä sovelluksen toteutukseen liittyviä ongelmia vielä havaittiin, mutta ei mitään isompia ja metsäopetuspolun kulkemiseen tai tehtävien suorittamiseen liittyviä. Aikaa metsäopetuspolun suorittamiseen kului ohjeistuksineen noin 1 h 30 minuuttia, mikä antaa viitteitä siihen, että itse radan suorittamiseen ja sen käyttöön liittyviin ohjeistuksiin riittää jotakuinkin kaksi oppituntia — käytännössä enemmän aikaa täytyy varata myös siirtymisiin ja hitaampia opiskelijaryhmiäkin varten. Testaajamme oli kuitenkin varsin perusteellisen oloinen ja omien sanojensa mukaan hidas lukija, joten on oletettavissa, että hän käytti sovelluksen avulla etenemiseen keskimääräistä enemmän aikaa. Toisaalta myös on otettava huomioon, että opiskelijaryhmissä saattaa aikaa mennä enemmän, kun oppilaiden välillä syntyy keskustelua.

Jälkeenpäin testaajalta vielä kyseltiin sovelluksen käyttöön ja sen toimivuuteen liittyviä kysymyksiä vapaamuotoisesti. Yleisvaikutelma oli, että sovelluksen käyttö oli ihan mukavaa hyvällä ilmalla, kun sai liikkua ulkosalla. Sovelluksen avulla myös oppi uusia asioita, jos luki tekstit huolella. Mukavinta sovelluksessa olivat erilaiset interaktiiviset testit. Vähiten testaaja piti teksteistä, koska ei pidä lukemisesta. Sovelluksen käyttö oli helppoa itsessään ja sovellus toimi hyvin. Tablet-laite oli käyttötarkoitukseen sopiva, mutta kädet meinasivat väsyä laitteen kanniskelusta. Tähän saattaisi ratkaisun tarjota sovelluksen käyttö ryhmän kesken, jolloin kukin ryhmän jäsen voisi vuorollaan kantaa laitetta. Laitteen ja sovelluksessa esitettävän kartan tuijottaminen ei haitannut kävelyä, vaikka maasto oli paikoin epätasaistakin metsäpolkua. Sovelluksen käyttö ei tarjonnut testaajalle kamalan paljon uutta tietoa, enemmänkin olemassaolevan tiedon kertaamismahdollisuuden. Sovelluksen sisältöihin paneutuminen oli kuitenkin vaikeaa tekstipitoisuuden vuoksi. Kehittämisehdotuksena testaaja esitti tekstin muuttamisen puhuttuun muotoon. Sen sijaan useampien videoiden hyödyntäminen sisältöjen esittämisessä ei saanut kannatusta — testaaja arveli, että useamman opiskelijan ryhmissä videoita olisi hankala katsoakin.

Saatu palaute oli odotetun kaltaista, ja sen pohjalta on mahdollista tehdä vielä pieniä korjauksia itse sovellukseen. Jatkokehityksen kannalta olennaisinta on vähentää tekstin määrää, mahdollisesti myös sen muuttaminen puhuttuun muotoon voisi tulla kyseeseen.

Myös tehtävien lisääminen — erityisesti sellaisten tehtävien, jotka suuntaavat käyttäjien toimintaa suhteessa maastoon — olisi suotavaa.

3.2.3 Sovelluksen teknisestä toteutuksesta

Metsäopetussovelluksessa käytettiin pitkälti samankaltaisia kehitysmetodeja, kuin luvussa 3.1 kuvatussa WC:n ylläpitosiivoussovelluksessa. Sovelluksen toiminnallisuus on toteutettu HTML5-tekniikoilla rakenteen osalta, CSS-tyyleillä visuaalisen ilmeen osalta, sekä JavaScript -ohjelmistokoodilla toiminnallisuuden osalta.

Käyttäjän sijainti kartalla saadaan HTML5 geolocation -rajapinnan kautta. Ohjelma pyytää oikeuden käyttää laitteen sijaintiantureita, lähinnä GPS-anturia, joskin ohjelmaa voidaan käyttää myös epätarkemmilla sijaintiantureilla, kuten sijainnin määrittämisellä WiFi-tukiasemien kautta. Se ei kuitenkaan maasto-olosuhteissa ole tarkoituksenmukaista, mutta heikompaa tarkkuutta vaativissa kaupunkiskenaarioissa sitäkin voitaisiin hyödyntää.

Kun ohjelma saa laitteelta tiedon päivittyneestä sijainnista, sitä voidaan verrata etukäteen määriteltuihin rastipisteisiin ja niiden sijainteihin. Jos sijainnit ovat samat tietyn, ennalta määritellyn toleranssin rajoissa, ohjelma toteaa olevansa rastilla ja näyttää kyseisen rastin tiedot ja mahdolliset tehtävät. Kun rastin suorittaminen on päättynyt, ohjelma alkaa jälleen kyselemään sijaintitietojen päivittymistä ja odottaa uudelle rastille saapumista.

Käytön helpottamiseksi ohjelma näyttää käyttäjän kulloisenkin sijainnin kartalla pienellä hahmosymbolina. Tämä helpottanee rastille löytämistä, sillä esimerkiksi kävelynavigointiohjeiden antaminen metsässä on epäkäytännöllistä. Ohjelma osaa laskea matkan seuraavalle rastille ja tietää, missä suunnassa rasti on maailman koordinaatistossa, mutta käyttäjän omaa katsomissuuntaa on mahdotonta tietää tarkasti, jos käyttäjä ei ole liikkeessä. Joissakin laitteissa tämä voidaan ratkaista käyttämällä laitteessa mahdollisesti olevaa sähköistä kompassia, mutta niiden toiminta on kallistuskulmasta riippuen vain suuntaa antava.

GPS-sijaintien tarkkuus kärsii hieman maasto-olosuhteissa. Tähän vaikuttaa mm. puiden tuuheat lehvistöt ja maaston mahdolliset jyrkät rinteet. Pyynikin harjulla, jossa ohjelmaa on testattu, maaston voimakkaat korkeuserot näyttivät aiheuttavan ongelmia tarkan sijainnin määrittämiselle, jonka vuoksi rastin rajojen toleranssia jouduttiin kasvatamaan. Rastit voidaan määrittää noin viiden metrin tarkkuudella, joten navigointi tarkalleen jonkin tietyn kasvin kohdalle on ongelmallista — etenkin, jos kohteessa on useita samankaltaisia kasveja, joista rastia varten pitäisi löytää jokin tietty yksilö.

Sijainnin saaminen ei siis ole niin tarkka, kuin voisi toivoa ja usein vaikutti siltä, että anturi huomasi sijainnin muuttuneen vasta, kun käyttäjä oli kävellyt muutaman metrin johonkin suuntaan. Kuitenkin, rastin rajojen toleranssin kasvattaminen auttaa tekemään käytöstä miellyttävämpää ja sujuvampaa, kun käyttäjän ei tarvitse osua tarkalleen tiettyyn kohtaan ja saada päivittynyt sijaintitieto juuri sillä hetkellä.

Tässäkin sovelluksessa käytettiin joillakin rasteilla laitteen kameraa lisätyn todellisuuden näkymiin. Tässä kohdattiin samoja ongelmia, kuin Orimattilankin sovelluksessa. WebRTC-rajapinta on toteutettuna mobiiliselaisten osalta vain joissain uusimmissa, usein kehitysasteella olevissa selaimissa. Myös toteutukset vaihtelevat paljon ja mahdollisuus valita käytetäänkö laitteen takakameraa vai videopuheluihin tarkoitettua etukameraa puuttui monesta toteutuksesta. Jos selain pakottaa käytettävän kuvalähteen laitteen videopuhelukameraan, näkee käyttäjä vain itsensä, mikä taas ei palvele lisätyn todellisuuden käyttötarkoituksia tässä tapauksessa.

Käytetyssä testiselaimessa käyttäjän tuli tehdä valinta jokaisen kamerakuvaa käyttävän rastin kohdalla, että käytetäänkö tällä rastilla laitteen takakameraa, vai videopuhelukameraa. Ohjelma opastaa oikean valinnan tekemisessä, mutta tulevaisuudessa toivottavasti tämän voi toteuttaa kokonaan ohjelmallisesti ilman käyttäjän syötteen vaatimista.

Tarkan sijainnin jatkuva pyytäminen ja etenkin laitteen kamerakuvan näyttäminen kulluttavat akkua huomattavasti enemmän, kuin pelkkä teksti- ja kuvasisällön näyttäminen. Laitteen akku riittää helposti normaaliin suorituskierrökseen, mutta jos useampi ryhmä suorittaa reitin peräjälkeen, voi akkujen välilatauksille tulla tarvetta.

3.2.4 Pohdintaa

Kuten mainittu, lopulta sovelluksessa ei ollut juurikaan lisättyä todellisuutta kuten alkuun oli toivottu. Staattiset, maastonäkymän päällä esitettävät kuvat, joista toisessa on hieman lisätietoa, eivät ole kovinkaan paljon informaatioarvoa tarjoavia, enemmänkin kosmeettisia elementtejä. Puiden tukki- ja kuitupuun osuutta maastosta löytyvän puun päälle mallintava augmentointi sen sijaan pystyy tarjoamaan jotakin uutta. Itsetarkoituksellisesti ei lisättyä todellisuutta kannata toteuttaa — vain, jos se on olennaista konkreettisen ja abstraktin tietoa-aineksen yhdistämiseksi ja voisi siten tarjota jotakin, mikä ei muilla keinoin ole toteutettavissa yhtä hyvin.

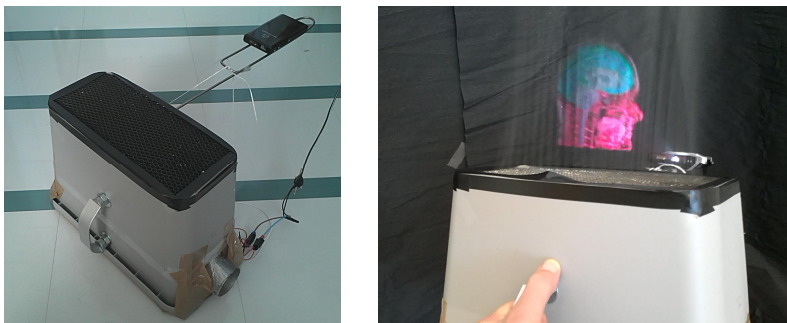
Sovelluksen heikkoutena saattaa olla myös sen kytkeytymättömyys täydellä varmuudella kohderyhmänsä maailmaan. Suunnittelussa olisi voitu saada arvokasta palautetta kohderyhmään kuuluvilta. Myös sovelluksen melko pitkät informaatiota jakavat osuudet, joista moni on vielä tekstimuotoinenkin, saattavat vaikuttaa motivaatioon opiskella metsäasioita sovelluksen avulla. Ulkoilma luo myös muita huomioonotettavia ja olosuhteisiin vaikuttavia ilmiöitä, kuten kirkkaus (aurinkoisella säällä näkyttö ei välttämättä

erotu kovin hyvin) ja mahdollinen kylmyys. Nämä voivat korostaa sitä, missä määrin opiskelijat jaksavat paneutua opiskelemaan sovelluksen avulla. Sovelluksen taustalla oleva tarina ei lisäksi millään tavoin muodostanut yhtenäistä pelillistä kokemusta, jossa esimerkiksi olisi kertynyt pisteitä koko sovelluksen kulun ajalta tehtyjen valintojen pohjalta (esim. uudistaminen, suojele...). Silti sovelluksen perusteella on ehkä mielekkäämpää opiskella kuin ilman sitä luokkahuoneessa.

3.3 Havainnollistaminen ja visualisointi: Käsisumuvalkokangas ja kolmiulotteisten objektien augmentointi

Kolmannessa pilotissa oli alun perin tarkoitus mallintaa jotakin hankalasti havainnollistettavaa kohdetta lisätyn todellisuuden avulla ja selvittää sen vaikutusta asian oppimiseen. Yksi tavoite oli myös mahdollistaa useamman oppilaan tai opiskelijan samanaikainen kohteen tutkiminen ja mahdollisesti myös manipulointi. Käytännössä emme päässeet varsinaisesti pilotoimaan opetussovellusta, vaan resurssit suuntautuivat opetuskäyttöön helposti soveltuvan ja edullisen laitteen kehittämiseen ja tuotteistamiseen.

Lopulta päädyimme toteuttamaan tilallisen näytön sumuvalkokangas-teknologiaa hyödyntäen. Näyttö on toteutettu helposti siirrettävän sumua tuottavan yksikön avulla pikoprojektorin avulla. Itse teknologia on varsin edullista ja helposti saatavilla olevaa, eikä pikoprojektorin käyttö edellytä suuria ja kalliita kiinteitä asennuksia. Laitetta myös voidaan paikantaa eri tavoin, jolloin saadaan mielenkiintoisia 3D-visualisointeja.

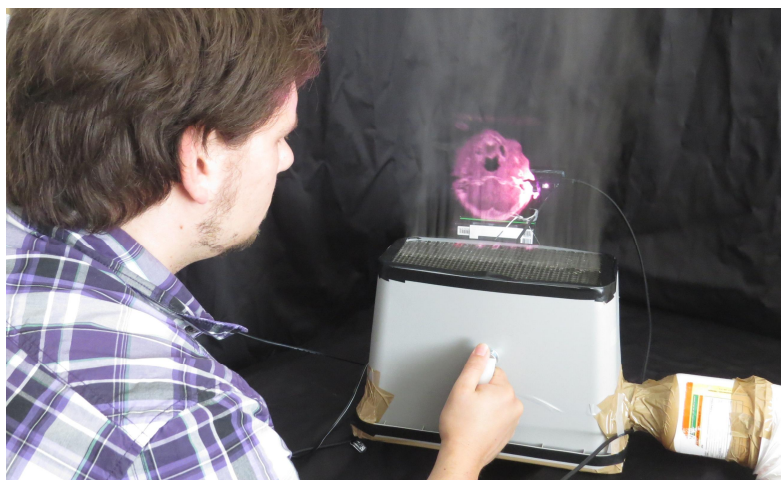


Kuva 26. Sumua tuottava yksikkö ja havainnekuva kuvan heijastamisesta sumun avulla toteutetulle pienikokoiselle valkokankaalle.

Kun kokoonpanoon vielä yhdistetään Leap Motion -liiketunnistussensori, saadaan projisoitavasta näytöstä interaktiivinen kosketusnäyttö. Opiskelijat näkevät projisoidun objektin tilallisesti ja voivat manipuloida sitä suoraan liiketunnistuksen avulla. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia usean käyttäjän tilallisiin sovelluksiin.

Uudella visualisointityökalulla voi näyttää mm. viipaleita lääketieteellisistä CT- tai MRI-viipalekuvista tai muista vastaavista, kun näyttöä yksinkertaisesti liikuttelee edestakaisin haluttujen viipaleiden kohdalle. Se soveltuu myös lisätyn todellisuuden näyttämiseen. Laitteen erityinen hyöty tulee siitä, että näyttöalue ei voi koskettaa todellisia

esineitä, vaan se sujahtaa läpi esineistä tai esim. kädestä. Näyttö ei siis vahingoita herkkiä esineitä vahingossa, ja se voi näyttää esim. magneetin ympärillä olevan magneettikentän leijumassa magneetin ympärillä eri kohdissa.



Kuva 27. Sovelluksen käytön testaamista.

Kädessä pidettävä ultrakevyt sumuvalkokangas on uusi innovaatio, ja ensimmäisiä prototyyppejä on esitelty posterina ACM Siggraph Asia 2013⁶ -konferenssissa ja tieteellisenä paperina SPIE Electronic Imaging 2014⁷ -konferenssissa. Sekä laitteen teknologiaa että sovellusmahdollisuuksia kehitetään paraikaa edelleen. Vuonna 2014 on tavoitteena tehdä myös ensimmäiset todelliset opetustestaukset.

⁶ <http://sa2013.siggraph.org/en/>

⁷ <http://spie.org/x106293.xml>

4. Lisätyn todellisuuden sovellusten opetuskäytön malleja

Lisätyn todellisuuden selaimiin on helppo toteuttaa maksutta sisältöjä. Näihin selainsovelluksiin tapahtuvasta sisällöntuotannosta on laadittu AVO2-hankkeessa havainnollisia ohjeita⁸. Itse sisällöntuotanto on ohjeissa kuvatuilla välineillä hyvin helppoa, mutta minkälaisia opetussovelluksia lisätyn todellisuuden selaimilla voisi ja kannattaisi toteuttaa, jotta ne toimisivat opetuksessa muutoinkin kuin huomion herättävinä uutuuksina? AVO2-hankkeessa toteutetuissa koulutuksissa on havaittu, että vaikka sisältöjä opitaan toteuttamaan nopeasti, osallistujat ovat usein jääneet pohtimaan sitä, miten he voisivat integroida lisättyä todellisuutta järkevästi muun opetuksensa oheen.

Tässäkin julkaisussa kuvatut opetuskäyttöön suunnitellut lisätyn todellisuuden paikkatietopohjaiset oppimispolut ovat esimerkkejä opetustoteutuksista, joissa on parhaimmillaan onnistuttu yhdistämään useiden eri oppiaineiden oppisisältöjä ongelmalähtöisen ja tutkivan oppimisen keinoin rakennetuiksi kokonaisuuksiksi. Vaikka nämä opetussovellukset ovatkin selkeästi omia kokonaisuuksiaan verrattuna yksittäisiin lisätyn todellisuuden avulla toteutettuihin visualisointeihin, on kuitenkin tosiasia, että näissäkin toteutuksissa lisätty todellisuus näyttelee vain yhtä osaa koko toteutuksessa. Lisätty todellisuus sopii hyvin osaksi tällaista laajempaa opetustoteutusta, jos oppisisältöjä halutaan integroida autenttiseen ja oppimisen kannalta merkitykselliseen ympäristöön. Fyysinen ympäristö voi luoda oppimista tehostavan tunnesiteen ja tuttu ympäristö saattaa stimuloida ja merkityksellistää oppimisprosessia.

Tässä luvussa on esitelty erilaisia helposti toteutettavissa olevia vinkkejä lisätyn todellisuuden opetussovellusten toteuttamiseen. Vinkit on pyritty kuvaamaan yksittäisiä selainsovellusten tuotantovälineitä laajempina ideoina ja ajatuksina, samoin erilaisten olemassaolevien ja helppokäyttöisten sovellusten (esimerkiksi Googlen lomakkeet⁹, sosiaalisen median sovellukset) yhdistämistä tarjolla oleviin lisätyn todellisuuden helppokäyttöisiin työkaluihin on esitelty. Esimerkeissä mainitaan ja hyödynnetään yleisimpiä selainsovelluksia, mutta sisällöntuotannon pohjaksi kannattaa kuitenkin valita omaan käyttötarkoitukseen parhaiten soveltuva vaihtoehto¹⁰.

⁸ Ks. *Lisätyn todellisuuden selainohjeet*: <http://wiki.eoppimiskeskus.fi/display/LTS>

⁹ <http://www.google.com/google-d-s/createforms.html>

¹⁰ Ks. *Lisätyn todellisuuden tuotantovälineiden vertailu*: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-44-9382-9>

4.1 Minkälaisia asioista voidaan tarjota lisätietoa lisätyn todellisuuden avulla?

Lisätty todellisuus tarjoaa erinomaisia mahdollisuuksia erilaisten fyysisen ympäristön objektien, asioiden ja niiden taustalla piilevien silmältä näkymättömissä olevien toimintaperiaatteiden ja rakenteiden havainnollistamiseen. Havainnollistaminen voidaan toteuttaa kuvatunnistuspohjaisesti tai paikkatietopohjaisesti.

Kuvatunnistuspohjaisessa toteutuksessa havainnollistettavaan kohteeseen kytketään (tai siitä itsestään tehdään) kuva, jonka "skannaaminen" esimerkiksi mobiililaitteeseen asennetulla sovelluksella avaa kohteeseen liittyvää augmentoitua lisätietoa. Lisätyn todellisuuden selaimista esimerkiksi Aurasma¹¹ ja Layar¹² tarjoavat mahdollisuuden helposti toteutettavien maksuttomien kuvatunnistuspohjaisten augmentointien toteuttamiseen.

Havainnollistettavaan kohteeseen kytkeytyy läheisesti kuvatunnistuspohjaisissa lisätyn todellisuuden sovelluksissa referenssikuvan käsite. Referenssikuva on augmentoitavaan kohteeseen kytkettävä markkeri tai kuva, jonka perusteella augmentoitu sisältö esitetään. Jotta referenssikuva on sovelluksen tunnistettavissa, sen tulee olla riittävän "tapahtumarikas", eli kuvan tulee sisältää runsaasti erilaisia yksityiskohtia, jotta se on helppo tunnistaa ja erottaa muista kuvista. Paljon suuria yksivärisiä pintoja sisältävät kuvat (esimerkiksi maiden liput) eivät paljoa tekstiä sisältävät kuvat ole hyviä referenssikuvia.

Kuvatunnistuspohjaiset lisätyn todellisuuden sovellukset toimivat niin sisä- kuin ulko-ympäristöissäkin, joskin tietyin rajoituksin ja haastein. Esimerkiksi kirkas ulkoilma saattaa vaikeuttaa mobiililaitteen näytön katsomista, toisaalta sisätiloissa voimakkaiden valojen aiheuttamat heijastukset tai pimeät nurkkaukset saattavat vaikeuttaa referenssikuvien havaitsemiseen. Koska sovellukset eivät ole välttämättä kovin tarkkoja referenssikuvien tunnistamisessa, ne eivät pysty esimerkiksi tunnistamaan minkä tahansa puunlehden perusteella kyseessä olevaa puulajia, vaan kasvien tunnistusta opeteltaessa opettajan on itse vietävä puulajin lehden kuvalla varustetut referenssikuvat kyseisten puiden luokse maastoon. Ulkoilmaan viedyt referenssikuvat täytyy myös mahdollisesti suojata säältä ja ne saattavat altistua ilkeille, joten kuvat on syytä käydä säännöllisesti tarkistamassa.

¹¹ <http://www.aurasma.com>

¹² <http://www.layar.com>



Kuva 28. Havainnekuva lisätyn todellisuuden kasvintunnistussovelluksesta (oikeanpuoleisessa kuvassa vasemmalla olevaa kuvaa on katsottu Aurasma-selaimella ja saatu puulajin nimen esittävä lisätieto näkyviin).

Toinen paljon käytetty vaihtoehto on havainnollistaa johonkin tiettyyn paikkaan liittyvää kohdetta tai asiaa. Tällöin mobiililaitteeseen asennettu lisätyn todellisuuden sovellus tunnistaa referenssikuvan sijasta sovelluksen käyttäjän sijainnin ja orientaation mobiililaitteen GPS- ja kompassitiedon perusteella, ja esittää ko. paikkaan ennalta kytetyn augmentoinnin. Paikkatietopohjaisen lisätyn todellisuuden sovelluksen esittämiin virtuaalisiin objekteihin voidaan liittää samalla tavalla erilaista lisätietoa kuin kuvatunnistuksen perusteella esitettyihin augmentointeihin. Augmentoinnit näkyvätkin yleensä jo pidemmän matkan päästä ympäristöön sijoiteltuina virtuaalisina "infokuplina" sovelluksen kameranäkymässä:



Kuva 29. Paikkatietoon kytkeytyvistä kohteista esitetään lisätietoa ns. infokuplien avulla.

Sisätiloissa paikkatietopohjaiset sovellukset toimivat huonosti, eikä käyttäjän koordinaatteja välttämättä ole mahdollista tunnistaa. Esimerkiksi langattoman verkon tukiasemia voidaan käyttää apuna sovelluksen käyttäjän paikkatiedon määrittämisessä, mutta sisätiloissa on toistaiseksi suositeltavampaa käyttää kuvatunnistuspohjaisia lisätyn todellisuuden sovelluksia. Ulkoympäristössä saatetaan haluta käyttää paikkatietosovelluksia kuvatunnistuspohjaisten sovellusten sijasta, koska tällöin välttytään referenssikuvien viemiseltä ennalta haluttuihin paikkoihin. Paikkatietopohjaisiin lisätyn todellisuuden sovelluksiin liittyy myös omat rajoitteensa — GPS-koordinaatit eivät ole kovin tarkkoja, joten esitettävät augmentoinnitkaan eivät välttämättä ole aivan täysin halutulla paikalla, yleensä kuitenkin riittävän lähellä kohteen tunnistamiseksi. Kuvassa 30 on havainnollistettu tiettyihin puihin liittyvän lisätiedon esittämistä paikkatietopohjaisen lisätyn todellisuuden sovelluksen avulla. Lisätieto ei tässä tapauksessa ole aivan havainnollistettavan kohteen kohdalla, mutta sovelluksen käyttäjä todennäköisesti pystyy tunnistamaan, mikä kuvan puista on havainnollistettava palsamipoppeli.



Kuva 30. Paikkatietoon kytkeytyvistä kohteista esitetään lisätietoa ns. infokuplien avulla.

Paikkatietopohjaisten lisätyn todellisuuden sovellusten toteuttaminen onnistuu ilman ohjelmointitaitoa esimerkiksi Wikitude¹³-nimisellä sovelluksella.

¹³ <http://www.wikitude.com>

4.1.1 Ulkoympäristön kohteen havainnollistaminen lisätyn todellisuuden avulla

Kun halutaan havainnollistaa jotakin ulkona olevaa kohdetta, periaatteessa helppo ja ylläpitoa ulkokohteessa vaatimaton vaihtoehto on toteuttaa paikkatietopohjainen lisätyn todellisuuden sovellus. GPS:n tarkkuus ei välttämättä aina ole kuitenkaan riittävä, ja vaikkapa korkeiden rakennusten läheisyydessä saattaa ulkonakin olla katvealueita jotka hankaloittavat koordinaattien määrittämistä. Entäpä jos halutaan olla käyttämättä ympäristöön kiinnitettäviä referenssikuvia, eli halutaan, että ympäristössä oleva kohde (kuten patsas tai rakennus) toimii itsessään referenssikuvana ilman, että siihen kiinnitetään mitään erillistä kuvaa?

Periaatteessa tämä on mahdollista, mutta on tärkeä ymmärtää, että kuvatunnistuspohjaiselle lisätyn todellisuuden sovellukselle tieto referenssikuvasta täytyy kuitenkin antaa kuvatiedoston muodossa. Haluttu kohde täytyy siis kuvata kameralla, ja kuva kohteesta määrittää lisätyn todellisuuden tuotantovälineessä referenssikuvaksi. Kun sovelluksella skannataan ikään kuin samaa "kuvaa" eli täysin vastaavaa näkymää aidossa ympäristössä, sovellus tunnistaa tällöin kohteen. Tässä kohtaa on huomioitava, että kaikki muutokset fyysisen maailman kohteessa vaikeuttavat referenssikuvan tunnistamista. On sovelluksesta riippuvaista, kuinka paljon esimerkiksi valaistuksella tai muilla muuttuvilla pienillä yksityiskohdilla on merkitystä, tämä kannattaa ainakin varmistaa testaamalla huolellisesti.

Lisätyn todellisuuden kuvatunnistuspohjaiset sovellukset eivät ole vielä riittävän hyviä tunnistamaan erilaisia esineitä yleisellä tasolla (eli siten, että sovellus tunnistaisi kaikki autot, kaikki polkupyörät jne. ko. objektiluokan edustajiksi). Liian vaativaa olisi esimerkiksi toteuttaa ravintola-alan opiskelijoille sovellus, joka tunnistaisi minkä tahansa haarukan, omenan tai astianpesukoneen, ja pystyisi esittämään lisätietoa niihin liittyen. Toimiva ratkaisu sen sijaan voisi olla esimerkiksi kiinnittää opetuskeittion fyysisiin kohteisiin referenssikuvia (kuvat voivat olla valokuvia kohteista), joiden avulla opiskelijat voivat opiskella autenttisessa ympäristössä niihin liittyvää lisätietoa.

Onko oppimisen näkökulmasta mitään itua liimailla referenssikuvia esineisiin sen sijaan, että niitä opeteltaisiin paperille printatusta listasta, joka sisältää kuvat ja tiedot esineistä? Tai olla käyttämättä lisätyn todellisuuden toteutuksen sijasta tietokonesovellusta, joka osaisi myös testata, kuinka hyvin opiskelija osaa liittää esineisiin niiden nimet ja käyttötarkoitukset? Yhtenä perusteluna lisätyn todellisuuden hyödyntämiselle tällaisissa tapauksissa voisi toimia se, että sen avulla oppimisesta voidaan tehdä hausempaa uutuusarvon avulla siitä huolimatta, että vanhakin konsti olisi toimiva. Toinen perustelu voisi olla se, että autenttisessa ympäristössä tapahtuva opiskelu ja fyysisiin esineisiin kytkeytyvä tieto saattaa jäädä paremmin opiskelijan mieleen lisätyn todellisuuden avulla. Kun puhutaan vaikkapa astianpesukoneen täyttämisestä, koneen sisälle kiinnitettävät markkerit joista avautuu lisätietoa eri astioiden suositellusta sijoittelusta koneen koreihin, voivat tarjota elävämmän mieleen jääviä ohjeita kuin kirjasta

katsottava kuva astianpesukoneen sisältä, johon on linkitetty sama tieto staattisesti. Toisaalta on myös hyvä huomioda, että mikäli lisätyn todellisuuden sovellus ei toimi teknisesti hyvin (esimerkiksi referenssikuvat latautuvat huonosti), on myös mahdollista, että oppiminen saattaa jopa häiriintyä.

4.1.2 Kirjojen ja julkaisujen elävöittäminen lisätyn todellisuuden avulla

Yksittäinen referenssikuva voidaan liittää osaksi jotakin laajempaa kokonaisuutta, esimerkiksi jonkin julkaisun sivua tai julisteessa olevaksi pienemmäksi kuvaksi, johon augmentoinnit kytketään. Näin perinteiset oppikirjat voivat tarjota helposti monimediasta lisätietoa, kun kirjan kuviin on liitetty videoita tai kolmiulotteisia malleja.

Kirjan sivuilla esitettävä kaksiulotteinen kuva opiskeltavasta monimutkaisesta objektista ei välttämättä aina onnistu havainnollistamaan objektia samalla tavoin kuin kolmiulotteinen malli. Opiskeltaviin sisältöihin saattaa myös liittyä mielenkiintoista videosisältöä, joka voidaan lisätyn todellisuuden avulla esittää kirjan kautta. Vaikka kyseessä olisikin jo vanha kirja jonka asiasisällöt itsessään eivät kuitenkaan olisi sinänsä vanhentuneet, kirjaan voidaan liittää myöhemmin, kirjan julkaisun jälkeen ilmestynyttä uutta sisältöä ja siten ajanmukaistaa kirjaa.

Periaatteessa monimediaisia sisältöjä voidaan toteuttaa aivan yhtä hyvin vaikkapa www-sivustoina — sinänsä kyse on siis samojen mediaelementtien esittämisestä. Kirjan etuna voi kuitenkin nähdä sen käyttöliittymälliset edut. Kirja on edelleen käyttöliittymänä luontaisesti hyvä, kuten Billingham & Dünser (2012) toteavat, mutta perinteistä kirjaa voidaan lisätyn todellisuuden avulla edelleen parannella ja tavallaan antaa sille uusi elämä. Olemassaolevaa kirjaa tai muuta painettua materiaalia ei siis tarvitse itsessään muokata millään tavoin, sen olemassaolevia kuvia voidaan käyttää referenssikuvina ja niiden avulla liittää kirjaan vain uutta sisältöä augmentoituna.

Kirjaan voidaan myös lisätyn todellisuuden avulla liittää augmentoituja linkkejä sosiaalisen median välineisiin, joiden avulla vaikkapa opiskelijaryhmä voi käydä kirjan sisällöstä keskustelua sosiaalisen median palveluissa. Näin kirjasta saadaan myös vuorovaikutteinen.

4.1.3 Oppilaiden ja opiskelijoiden itsensä tuottama sisältö

Referenssikuvat voivat olla myös oppilaiden ja opiskelijoiden itsensä tuottamia kuvia. Esimerkiksi kuvaamataidon tunneilla toteutettuihin piirustuksiin voidaan kytkeä augmentoituja sisältöjä, joissa esimerkiksi kuvien toteuttajat kertovat itse lisää taideteoksestaan. Lisätyn todellisuuden avulla on myös toteutettu taidenäyttelyitä, joissa jokin ympäristöstä löytyvä pinta (tai siihen kiinnitettävä erillinen referenssikuva, jos pinta

itsessään ei sisällä riittävän paljon erotteluja) toimii referenssikuvana, ja "katsottaessa" pintaa lisätyn todellisuuden sovelluksella esiin tulee taideteos augmentoituna.

Oppilaat voivat itse tutustua koulun läheiseen metsään ja toteuttaa paikkatietopohjaisen lisätyn todellisuuden sovelluksen, johon on toteutettu augmentointeja tietyn kasvupaikan tai sille tyypillisten kasvien sijainnista. Tutustuttaessa uuteen kaupunkiin voidaan toteuttaa vastaava sovellus toteuttamalla lisätietoa antavia augmentointeja kytkettynä kaupungin tunnettujen rakennusten ja muiden kohteiden sijaintiin.

Ylipäätään koko lisätyn todellisuuden sovelluksen toteuttaminen sinänsä saattaa olla motivoivaa. Sovelluksen toteuttaminen vaatii samalla perehtymistä sovelluksen aihealueen oppisisältöihin, esimerkiksi opiskelun kohteena olevien esineiden nimien, käytötarkoituksen, toimintaperiaatteiden jne. selvittämistä. Tällöin lopputulos ei välttämättä ole kaikkein merkitsevin asia, vaan itse sisällöntuotantoprosessi.

4.2 Minkälaista havainnollistettava lisätieto voi olla?

Edellä on kerrottu pääsääntöisesti erilaisista mahdollisuuksista, minkälaisin tavoin eri objekteihin ja kohteisiin voidaan liittää virtuaalista lisätietoa augmentoituna. Entä miten toteutetaan havainnollistavia ja lisätietoa tarjoavia augmentointeja? Minkälaisia augmentoinnit voivat olla?

Augmentoinnit liittyvät keskeisesti lisätyn todellisuuden määritelmään. Tiukimman määritelmän mukaista lisättyä todellisuutta katsotaan olevan vain augmentoitujen 3D-objektien, jotka on rekisteröity kolmiulotteisessa avaruudessa (Bowman et al 2005, 389). Asiaa voi ajatella niin, että käyttäjä pystyy tarkastelemaan augmentoitua objektia sen eri puolilta, liikkuen vaikkapa sen ympäri. Väljemmän määritelmän mukaan augmentoinnit voivat olla mitä tahansa fyysiseen näkymään yhdistettyä sisältöä, tyypillisin esimerkki lienevät kaksiulotteiset tavalliset kuvat (vrt. esim. kuvan 30 infokupla). Teknologiaa tutkittaessa, sovelluksia kehitettäessä ja toki niistä keskusteltaessa tarkka määritelmä on tärkeä — se auttaa erottamaan lisätyn todellisuuden sen muista lähiteknologioista, kuten esim. paikkatietosovelluksista. Opetuskäytöstä puhuttaessa on usein kuitenkin omaksuttu hyvin väljiä lisätyn todellisuuden määritelmiä, koska kantavana ajatuksena on oppimisen tukeminen millä tahansa fyysistä ja virtuaalista yhdistävällä siten, että se takaa uudenlaisia mahdollisuuksia hahmottaa ympäristöä ja oppia. Lisätyn todellisuuden paikkatietosovellusten käyttöä oppimisessa paljon tutkineet Eric Klopfer ja Kurt Squire ovat pitäytyneet varsin väljässä määritelmässä (2008) — heidän mukaansa lisättyä todellisuutta on tilanne, jossa reaali maailman kontekstiin on dynaamisesti lisätty koherenttia paikka- tai kontekstisensitiivistä virtuaalista tietoa.

4.2.1 Kolmiulotteiset mallit

Hyvin toteutetut kolmiulotteiset mallit ovat kaikkein vaikuttavimpia augmentointeja, etenkin jos ne on toteutettu ympäristön valoihin ja varjoihin mukautuen, jolloin ne eivät edes erotu kovin herkästi taustalla näkyvästä fyysisestä ympäristöstä erillisiksi virtuaalisiksi objekteiksi. Objektit voivat tarjota lisäksi erilaisia toiminnallisuuksia, jolloin objekti reagoi käyttäjän koskettaessa sitä vaikkapa mobiililaitteensa kosketusnäytön kautta — vähintäänkin käyttäjä voi tarkastella niitä eri näkökulmista.

Kolmiulotteisten mallien toteuttamiseen on olemassa monenlaisia sovelluksia¹⁴, joista maksuton on ainakin avoimen lähdekoodin sovellus Blender¹⁵. On kuitenkin syytä tuoda esiin, että vaikka mainitun Blenderin käyttö ei sinänsä vaadi ohjelmointiosaamista, sovellus vaatii pitkällistä paneutumista ja käytön harjoittelua ja on siis melko vaativa käyttää. Kolmiulotteisia valmiita malleja saattaa löytyä muidenkin tuottamana, mutta ne eivät välttämättä vastaa omaa käyttötarvetta. Aurasma-selaimeen on mahdollista liittää kolmiulotteisia malleja augmentoinneiksi Aurasma Studio -sisällöntuotantosovelluksen avulla. Aurasma Studion käyttöohjeessa¹⁶ on opastettu oikeanlaisten tiedostomuotojen käyttöön ja kerrottu tiiviisti, miten 3D-mallien lisääminen augmentoinniksi tapahtuu.

4.2.2 Muunlaisia augmentointeja

Kaksiulotteisia augmentoitavia kuvia, videoita, äänitiedostoja ja verkosta löytyviä resursseja löytyy jokaiselta helposti valmiina. Erilaisten augmentointien (ja toki myös referenssikuvien) tiedostomuodot voivat olla hyvinkin tarkasti määriteltyjä eri selaimissa ja niiden osalta saattaa esiintyä vaihtelua. Kannattaakin selvittää huolella, mitkä tiedostomuodot missäkin tuotantosovelluksessa ovat mahdollisia.

Kuvia saattaa joutua muokkaamaan. Joissakin tapauksissa läpinäkyvyyden lisääminen augmentoitavaan kuvaan voi olla hyödyllistä, jos halutaan havainnollistaa augmentoinnin kohteena olevan fyysisen objektin pinnalle näkymätöntä rakennetta — tällöin sovelluksen käyttäjän saattaa olla helpompi hahmottaa asia. Jonkin staattisen objektin, esimerkiksi jo käytöstä poistetun laitteen toimintaa pystytään ehkä edelleenkin havainnollistamaan tarjoamalla augmentointina videopätkä laitteen toiminnasta. Augmentoinnit voivat olla valokuvia, jotka esittävät nyky-ympäristön sellaisena kuin se ennen oli.

Ääniaugmentoinnit on todettu joissakin tutkimuksissa hyviksi opastamaan käyttäjä tiettyyn paikkaan — tällöin käyttäjän ei tarvitse katsoa kulkiessaan mobiililaitteen ruudulle kaiken aikaa, vaan hän voi keskittyä tarkkailemaan fyysistä ympäristöään. Esimerkiksi BlindSquare-mobiilisovellus¹⁷ perustuu täysin ääniaugmentoinneille.

¹⁴ Ks. Wikipedian lista: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_3D_modeling_software

¹⁵ <http://www.blender.org/>

¹⁶ <http://www-cdn.aurasma.com/wp-content/uploads/Customer-Guidelines.pdf>

¹⁷ <http://blindsquare.com/>

Toisaalta ääniaugmentointien toteuttaminen vaatii myös sen huomioimista, että soveluksen äänen voi tarvittaessa kytkeä pois päältä. Mikäli ääniohjeistusta kuunnellaan ilman kuulokkeita kaupunkiympäristössä, ympäristön melu saattaa peittää allensa soveluksen oman äänen.

4.2.3 Kuinka lisätyn todellisuuden selainsovelluksista saadaan vuorovaikutteisia?

Monesti halutaan, että opiskelijat voivat itse lisätä sisältöjä tai vähintäänkin tehdä tehtäviä opiskeltaviin sisältöihin liittyen. Yleisesti helppokäyttöiset sisällöntuotantosovellukset tarjoavat varsin rajallisesti mahdollisuuksia vuorovaikutteisuuden lisäämiseen, ja se jää lähinnä edellä mainituissakin esimerkeissä tapahtuvan linkin klikkaamisen tai videon käynnistämisen tasolle. Monipuolisempien vuorovaikutteisten toimintojen lisääminen vaatii yleensä ohjelmointitaitoa, eikä näin ollen sovellu helppokäyttöisillä tuotantosovelluksilla toteutettavaksi. Erilaisia tehtäviä ja muuta opiskelijan aktiivisuutta vaativaa toiminnallisuutta on kuitenkin mahdollista toteuttaa helppokäyttöisiin lisätyn todellisuuden selaimiinkin jossakin määrin helposti kiertoteiden kautta.

Kiertoteinä toimivat muut helppokäyttöiset WWW-sovellukset. Mikäli esimerkiksi opiskelijaryhmä kiertää lisätyn todellisuuden selaimen ohjaamana vaikkapa maastoon toteutettua opiskelupolkua erilaisine rasteineen, voidaan rastille toteuttaa jo edellä esiteltyjä rastin teemasta tietoa antavia ja sen sisältöjä havainnollistavia augmentointeja. Niiden lisäksi voidaan toteuttaa esimerkiksi jollakin webbilomakejärjestelmällä lyhyt kysely, vaikka yhdenkin kysymyksen mittainen, jonka kautta opiskelijat antavat vastauksia rastin teemaan liittyviin tehtäviin. Vastaukset tallentuvat samalla tavalla kuin millä tahansa webbilomakkeella täytettynä, mutta niiden täyttö on integroitu suoraan lisätyn todellisuuden selainsovelluksen käyttöön.

Seuraavassa kuvassa on esitelty Layarilla toteutettu puulajien tunnistamiseen opastava sovellus, jossa referenssikuvana toimivat valokuvat puulajeista, ja Layarilla katsottaessa päälle on augmentoitu Wikipedia-artikkeli kyseiseen puulajiin liittyen. Webbiartikkelin alapuolella augmentoituna on myös painikelinkki kyselylomakkeeseen, jolla voidaan kerätä opiskelijoiden vastauksia tehtävärastin kysymyksiin.



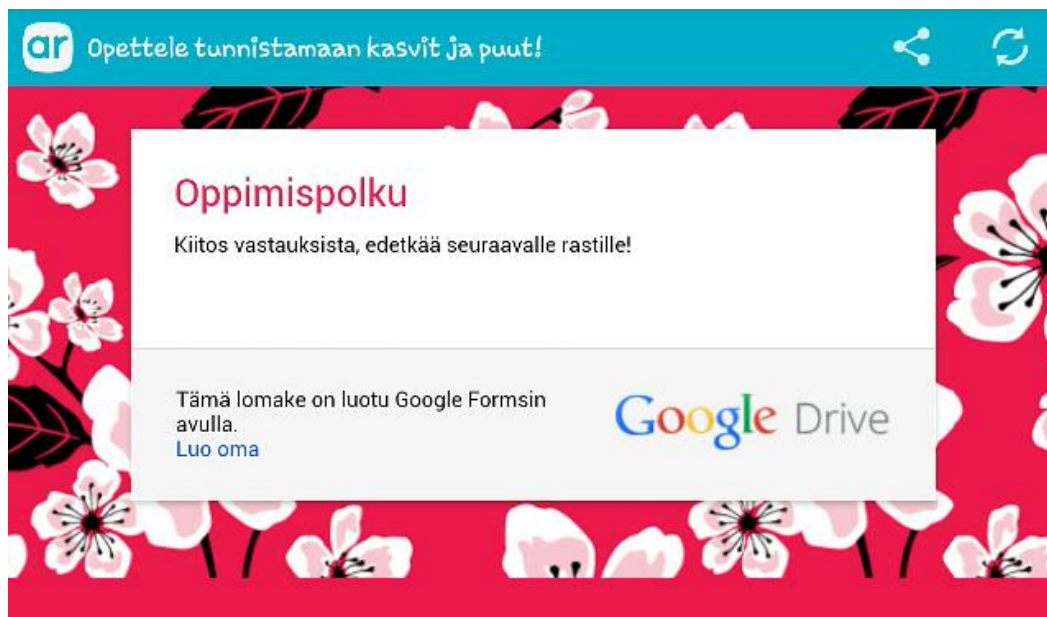
Kuva 31. Pihlajasta kertova Wikipedia-artikkeli augmentoituna referenssikuvan päälle Layarissa.

Kysymyslomakkeen linkkiä klikattaessa avautuu Layarin sisään Googlen lomaketyökalulla toteutettu kysely, jossa opiskelijoilta kysytään paitsi ryhmän nimi (eri ryhmien vastausten erottamiseksi), myös muutama peruskysymys rastilla esitellystä puulajista.

The image shows a Google form titled 'Oppimispolku' (Learning Path) for identifying plants and trees. The form has a blue header with the Laya logo and the text 'Opettele tunnistamaan kasvit ja puut!'. The main title 'Oppimispolku' is in large red letters. Below it is a red asterisk and the word '*Pakollinen' (Mandatory). The form has two sections: 'Ryhmänne nimi?' (Your group's name?) with a text input field, and 'Mikä puu esitellään tehtävärastilla? *' (Which tree is presented in the task station? *) with a list of radio button options: Saarni, Poppeli, Haapa, and others.

Kuva 32. Google-kyselylomakkeen avautuminen Layarissa esitetystä augmentoinnista.

Kun kysymyksiin on vastattu ja lomake lähetetty, opiskelijoita voidaan lomakkeen lähetyksen vastauksistissa vaikkapa kehottaa siirtymään seuraavalle rastille:



Kuva 33. Google-kyselylomakkeen palautesivun näkyminen Layarissa.

Opettaja näkee Google-lomakkeeseen tulleet vastaukset tuttuun tapaan kyseisen lomakkeen tiedoista vaikkapa tietokoneen www-selaimella:

1 response

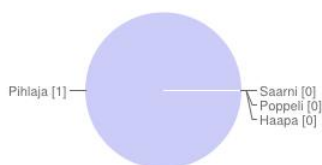
[Publish analytics](#)

Summary

Ryhmän nimi?

Testiryhmä

Mikä puu esitellään tehtäväraastilla?



Saarni	0	0%
Poppeli	0	0%
Haapa	0	0%
Pihlaja	1	100%

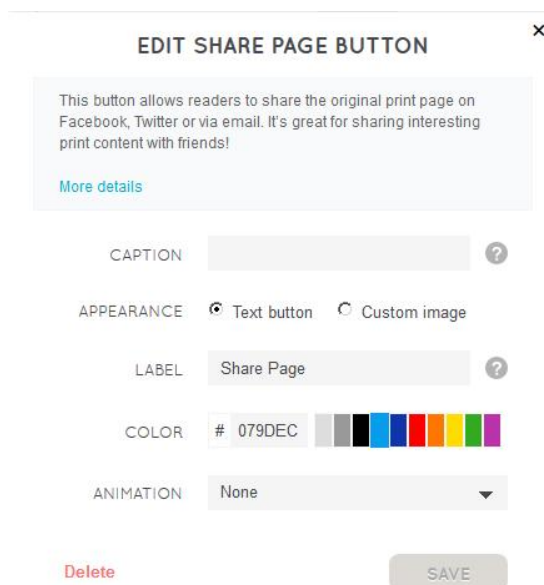
Mitä opit tehtäväraastilla kyseisestä puusta?

Pihlajan keväällä kukkivat kukat ovat valkoisia ja marjat syksyllä oranssinpunaisia.

Kuva 34. Google-lomakkeen vastausten koostesivu www-selaimessa.

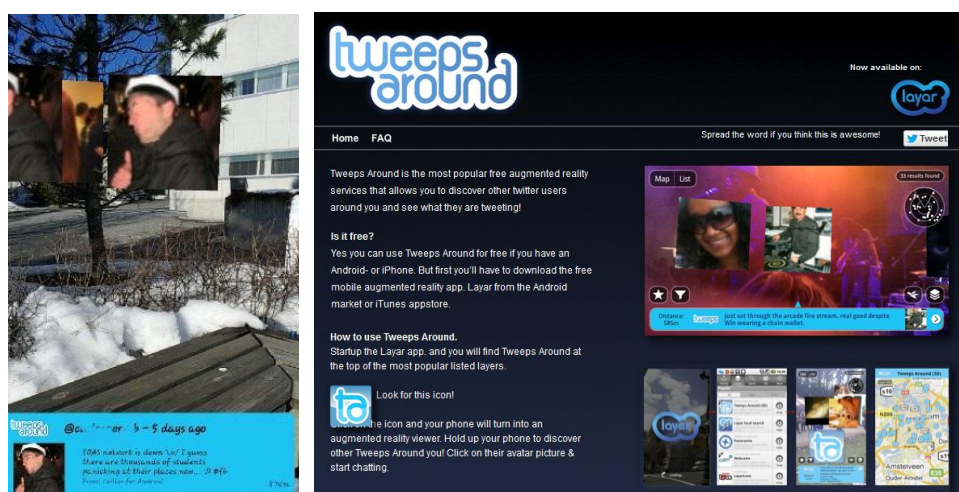
Opiskelijoita voidaan myös opastaa ottamaan mobiililaitteella valokuva rastin teemaan liittyen ja pyytää lataamaan se haluttuun verkkoresurssiin. Erilaiset sosiaalisen median palvelut on helposti liitettävissä tehtävärasteihin, Layar-selain tarjoaa suoraan erillisiä painikkeita esim. Twitterille, Facebookille ja Pinterestille sisältöjen jakamista varten.

Esimerkiksi seuraavanlainen yleinen sisällönjakamispainike löytyy Layarista eri sosiaalisen median sovellusten omien painikkeiden lisäksi:



Kuva 35. Layarista löytyviä sisältöjenjako-ominaisuuksia.

Lisätyn todellisuuden selaimissa on valmiina erillisiä kanavia erilaisille sosiaalisen median sovelluksille. Yleisesti ne esittelevät julkisesti jaettuja sisältöjä jakopaikan paikkatietokoordinaatteihin sidottuna. Esimerkiksi Twitteriä käyttäville löytyy yksi melko helppo lisätyn todellisuuden sisältöjen esityskanava eli TweepsAround¹⁸-kanava Layarissa. Se esittää ne Twitter-tweetit augmentoituina lähettämispaikassaan, joihin on liitetty paikkatietoa. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää niin, että Twitterillä voidaan jättää ikään kuin virtuaalisia muistilappuja muiden saman kanavan käyttäjien nähtäväksi:



Kuva 36. Twitter-viestejä paikkatietosidonnaisesti esittävä TweepsAround-kanava Layarissa.

¹⁸ <http://tweepsaround.com/>

Helppokäyttöisiä lisätyn todellisuuden paikkatietosovellusten tuottamisvälineitä ei ole niin hyvin saatavilla kuin kuvatunnistuspohjaisia. Wikitude-selaimen on mahdollista toteuttaa yksinkertaisia paikkatietosovelluksia Google Mapsia apuna käyttäen. Tähän on AVO2-hankkeessa tuotettu oma erillinen ohjeensa. Myös ARIS-sovellukseen¹⁹, jolla voi toteuttaa paikkatietopohjaisia oppimissovelluksia (ei siis varsinaisesti lisättyä todellisuutta) on toteutettu ohje hankkeessa²⁰. Helppokäyttöinen BirdsView AugmentedGallery²¹ on ollut poissa käytöstä jo useita kuukausia tämän oppaan kirjoitushetkellä.

4.2.1 Miten augmentointien toteutustavat eroavat lisätyn todellisuuden selaimissa?

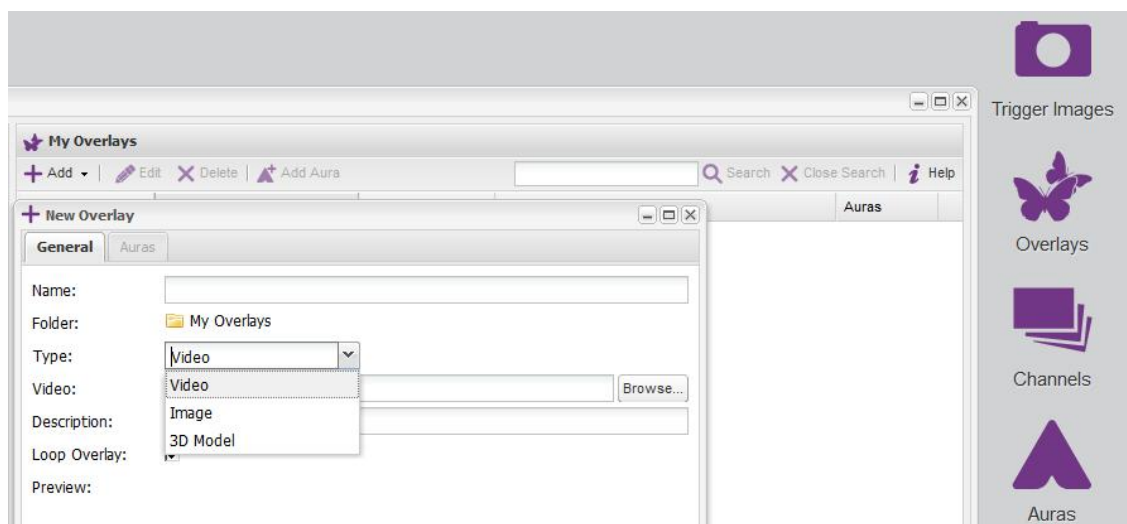
Kuten mainittu, augmentoinnit voivat olla hyvin monenlaista mediaa — kuvia, videoita, 3D-malleja, animaatioita, www-sivuja ja jopa ääntä, ja niihin voi yhdistää vuorovaikutteisuutta eri tavoin. Lisätyn todellisuuden helppokäyttöiset toteuttamisovellukset kuten Layar ja Aurasma tarjoavat hieman erilaisia mahdollisuuksia esitettävien augmentointien valintaan. Käyttäjän on syytä varautua myös siihen, että ennalta mietitty toteutustapa ei välttämättä toimikaan valitussa työvälineessä — tai vaikka se toimisi, se on toteutettavissa paljon suoraviivaisemmin yhdessä välineessä kuin toisessa. Näin ollen saatetaankin tarvita hieman luovuutta mietittäessä, miten halutun toiminnallisuuden saa toteutettua.

Seuraava esimerkki havainnollistaa Aurasma- ja Layar-selainten tuotantovälineiden erilaista logiikkaa avata www-sivu augmentoitua objektia koskettamalla. Itse sovelluksen loppukäyttäjän näkökulmasta toimintaperiaate on tismalleen sama kummassakin selaimessa, mutta toteutusvaiheessa Aurasma Studio -sisällöntuotantosovelluksessa näyttää ensinäkemältä siltä, että augmentoinnit (*overlay*) voivat olla vain videota, kuvaa tai 3D-malleja, mutta ei www-sivuja (kuva 37).

¹⁹ <http://arisgames.org/>

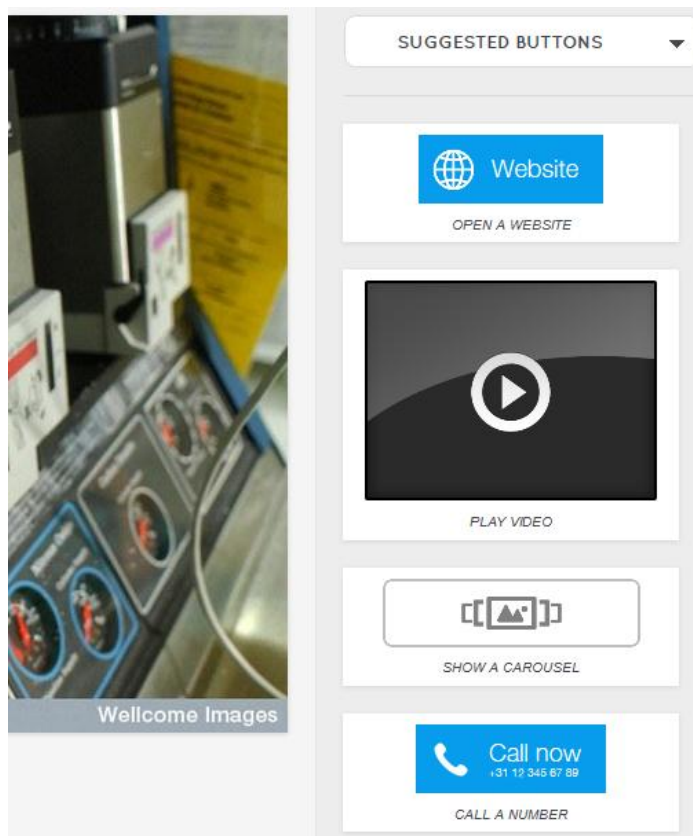
²⁰ http://wiki.eoppimiskeskus.fi/download/attachments/18907198/ARIS_ohje.pdf

²¹ <http://www.birdsview.de/products/augmentedgallery/>



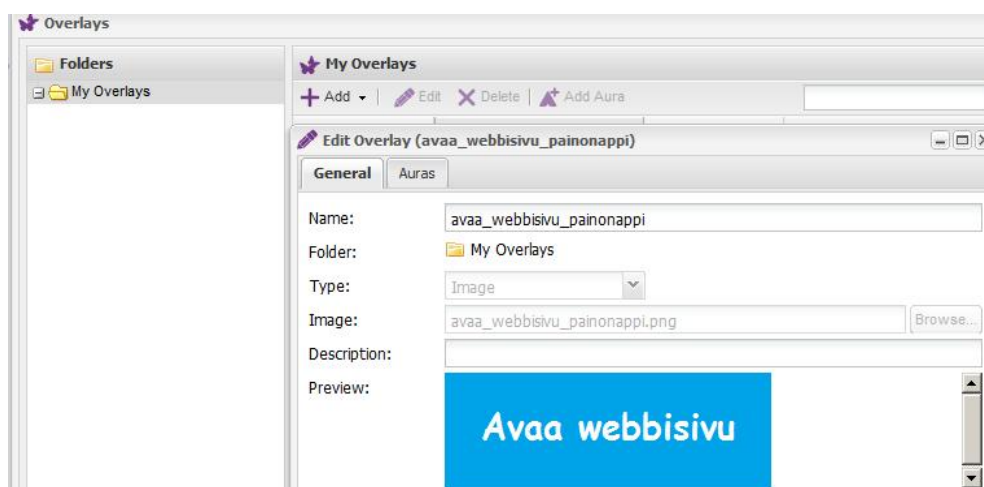
Kuva 37. Aurasma Studion augmentointien mediamuodot.

Sen sijaan Layar Creator näyttää tarjoavan mahdollisuuksia paljon monipuolisempien augmentointien (*button*) lisäämiseen, myös www-sivujen augmentoiminen on Layar Creatorin kautta mahdollista *Website*-painikkeella:



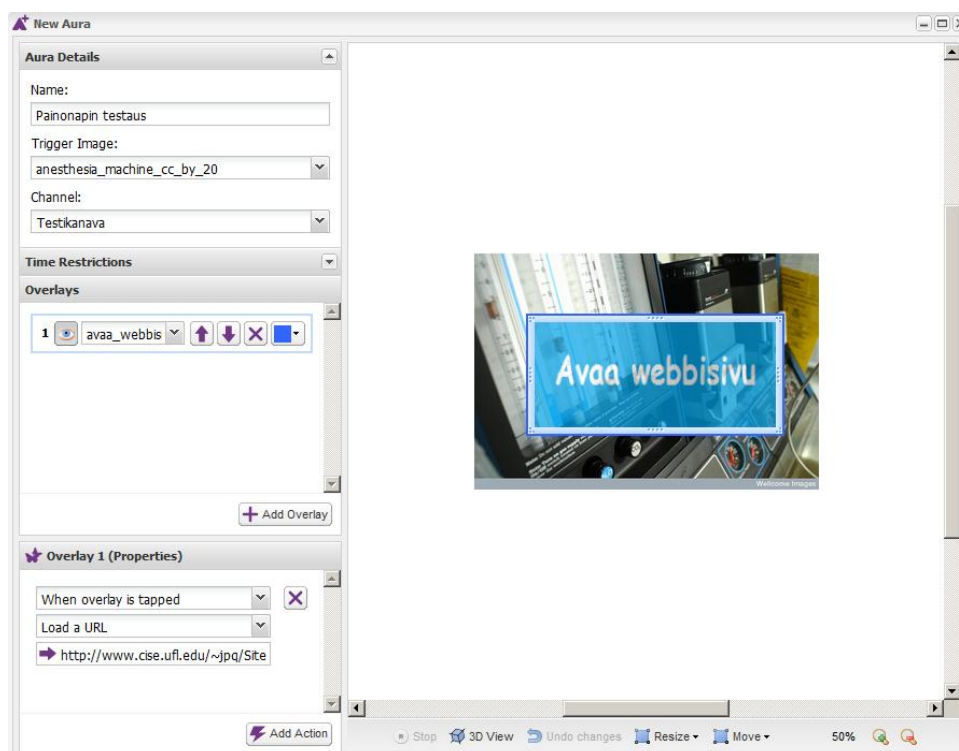
Kuva 38. Layar Creatorin augmentointien mediamuodot.

Kyse on kuitenkin vain ero toteutustavassa. Aurasma Studioon lisätään ensin referenssikuva (*trigger image*), ja sen jälkeen augmentointi (*overlay*), joka on esimerkissä itse toteutettu kuvatiedosto (painonappi):



Kuva 39. Toiminnallisuuden kytkeminen augmentointeihin Aurasma Studioon.

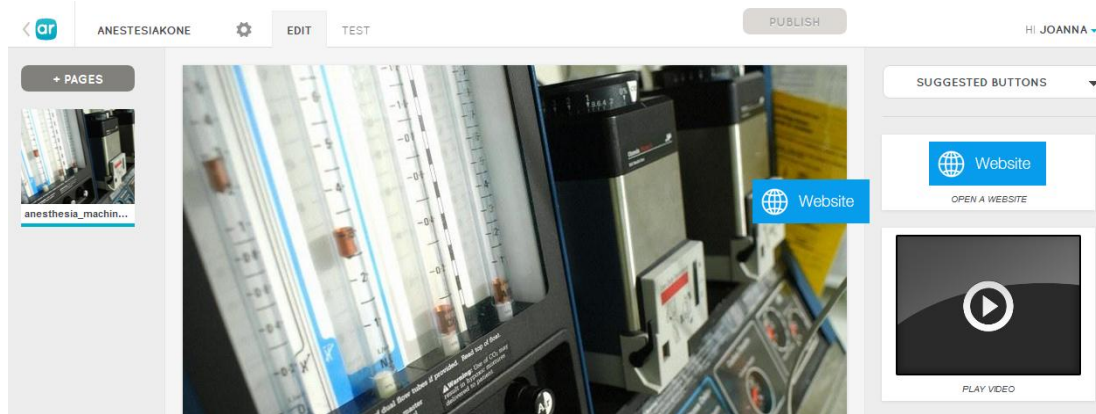
Esimerkissä määritetään Aurasma Studioon ladattu referenssikuva²² trigger imageksi ja painonappikuva siitä avautuvaksi overlayksi. Augmentoinnin toiminnallisuudeksi lisätään www-sivun avaaminen siinä vaiheessa, kun referenssikuva ja augmentointi liitetään yhteen auraksi.



Kuva 40. Auran luominen ja toiminnallisuuden liittäminen augmentointiin Aurasma Studioon.

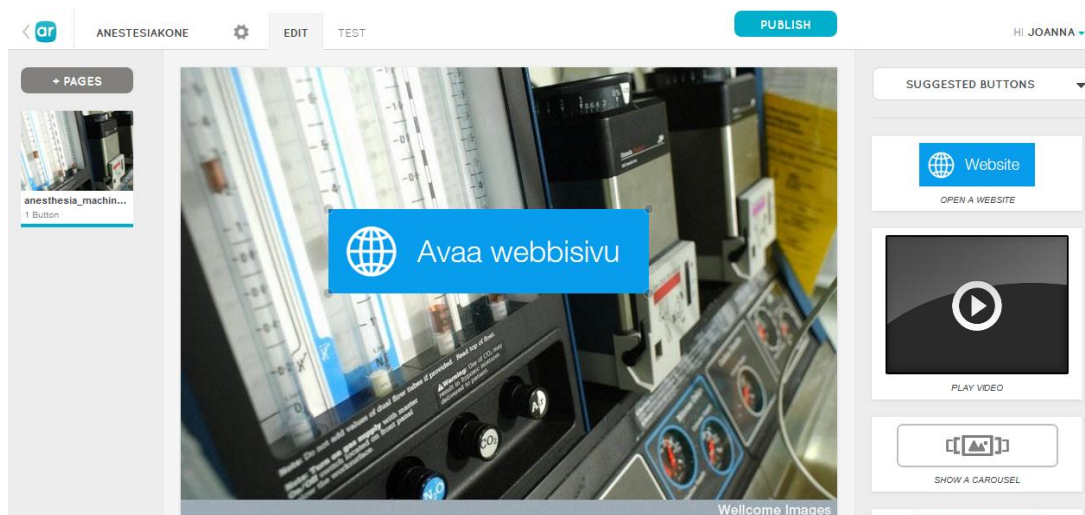
²² Referenssikuvana toimii esimerkeissä Wellcome Library, Londonin (<http://wellcomeimages.org/>) kuva anestesiakoneesta. Kuva on lisensoitu CC BY 2.0 -lisenssillä.

Layar Creatoriin ladataan ensin referenssikuva, ja sen jälkeen lisätään hiirellä oikean laidan augmentointivalikosta Website-painonappi kuvan päälle:



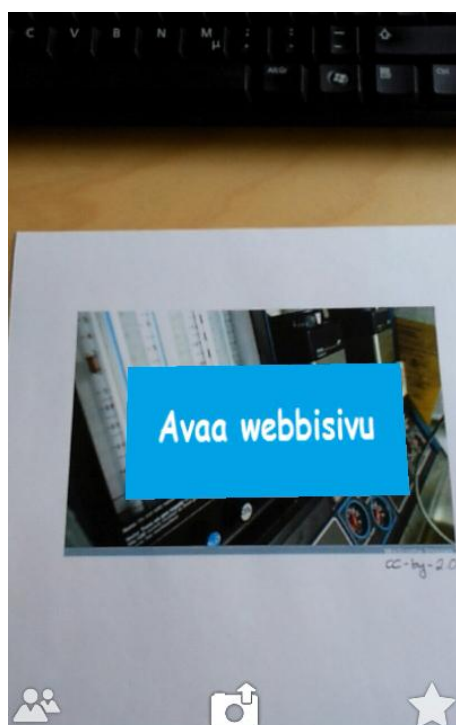
Kuva 41. Website-painonapin lisääminen referenssikuvan päälle Layar Creatorissa.

Painonapin tekstejä ja haluttaessa värejäkin on mahdollista muuttaa, erona Aurasma Studiolla luotuun painonappiin on tekstin vieressä oleva pallokuvake:

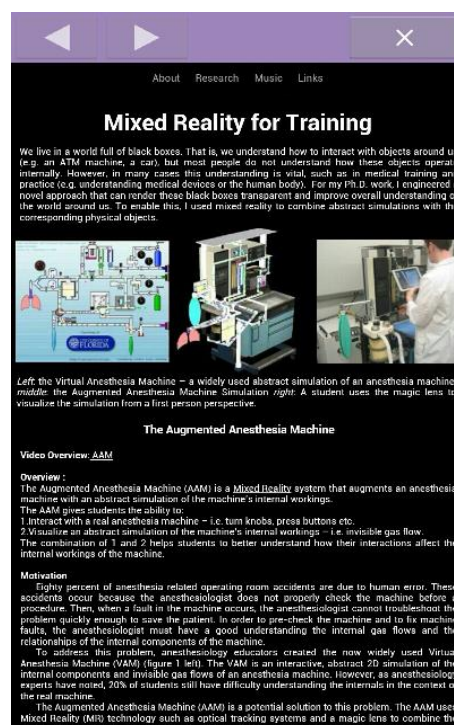


Kuva 42. Painonapin tekstin ja ulkoasun muokkaaminen Layar Creatorissa.

Toiminnallisuuksiltaan molemmilla sovelluksilla tehdyt toteutukset ovat kuitenkin samanlaiset. Aurasamalla skannattaessa printattua referenssikuvaa ja klikattaessa augmentoitua painonappia näyttää tältä:



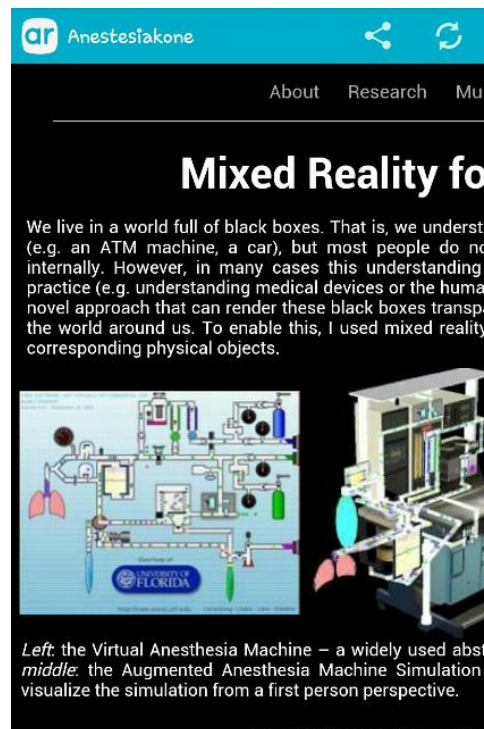
Kuva 43. Referenssikuvan skannaus Aurasamalla.



Layarissa sama näyttää tältä:



Kuva 44. Referenssikuvan skannaus Layarilla.



Lähteet

Anastassova, M. & Burkhardt, J-M. 2008. Automotive technicians' training as a community-of-practice: Implications for the design of an augmented reality teaching aid. *Applied Ergonomics*, vol. 40, no. 4, pp. 713–721.

Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J. & Wittrock, M.C. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Addison Wesley Longman Inc.: New York.

Azuma, R.T. 1997. A Survey of Augmented Reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385.

Billinghurst, M. & Dünser, A. 2012. Augmented Reality in the Classroom. *Computer. IEEE Computer Society*, vol. 45, no. 7, pp. 56–63.

Bowman, D.A., Kruijff, E., LaViola jr, J.J. & Poupyrev, I. 2005. *3D User Interfaces. Theory and Practice*. Boston: Addison-Wesley.

Broll, W., Lindt, I., Herbst, I., Ohlenburg, J., Braun, A.-K. & Wetzel, R. 2008. Toward Next-Gen Mobile AR Games. *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 28, no. 4, pp. 40–48.

Bujak, K.R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R. & Golubski, G. 2013. A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, vol. 68, October 2013, pp. 536–544.

Carmichael, G., Biddle, R. & Mould, D. 2012. Understanding the Power of Augmented Reality for Learning. *Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, Oct 09, 2012 in Montréal, Quebec, Canada.

Cheng, K.-H. & Tsai, C.-C. 2012. Affordances of Augmented Reality in Science Learning: Suggestions for Future Research. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 22, no. 4, pp. 449–462.

Clark, R.E. 1994. Media Will Never Influence Learning. *Educational Technology Research and Development*, vol. 42, no. 2, pp. 21–29.

Corbett-Davies, S., Dünser, A. & Clark, A. 2012. An Interactive Augmented Reality System for Exposure Treatment. In 11th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). Atlanta, Georgia, USA.

Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S. & Dillenbourg, P. 2013. Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education archive*, vol. 68, October 2013, pp. 557–569.

Dunleavy, M. & Dede, C. 2013. Augmented Reality Teaching and Learning. In J.M. Spector, M.D. Merrill, J. Elen & M.J. Bishop (Eds.) *The Handbook of Re-search for Educational Communications and Technology* (4th ed.). Springer: New York.

Dunleavy, M., Dede, C. & Mitchell, R. 2009. Affordances and Limitations of Immersive Participatory Augmented Reality Simulations for Teaching and Learning. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 18, no. 1, pp. 7–22.

Elinich, K.J. 2011. Augmented Hands-On: An Evaluation of the Impact of Augmented Reality Technology on Informal Science Learning Behavior. Doctoral dissertation. Pepperdine University, Graduate School of Education and Psychology.

Eursch, A. 2007. Increased Safety for Manual Tasks in the Field of Nuclear Science Using the Technology of Augmented Reality. *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record*, 2007. NSS '07, vol. 3.

Gagné, R.M., Wager, W.W., Golas, K.C. & Keller, J.M. 2005 (Fifth Edition). *Principles of Instructional Design*. Wadsworth CENGAGE Learning: Belmont, CA, USA.

Gavish, N., Gutierrez, T., Webel, S., Rodriguez, J. & Tecchia, F. 2011. Design Guidelines for the Development of Virtual Reality and Augmented Reality Training Systems for Maintenance and Assembly Tasks. In *BIO Web of Conferences*, vol. 1. The International Conference SKILLS 2011, Montpellier, France, December 15–16, 2011.

Gutiérrez, J.M., Saorín, J.L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D.C. & Ortega, M. 2010. Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, vol. 34, no. 1, pp. 77–91.

Jenkinson, J. 2009. Measuring the Effectiveness of Educational Technology: What Are We Attempting to Measure? *Electronic Journal of e-Learning*, vol. 7, no. 3, pp. 273–280.

Juan, M.C. & Pérez, D. 2011. Augmented Reality in Psychology. In B. Furht (Ed.) Handbook of Augmented Reality. Springer: New York.

Kaufmann, H. 2004. Geometry Education with Augmented Reality. Dissertation. Vienna University of Technology.

Kaufmann, H. & Schmalstieg, D. 2003. Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. Computers & Graphics, vol. 27, no. 3, pp. 339–345.

Kerwalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S. & Woolard, A. 2006. "Making it real": Exploring the potential of Augmented Reality for teaching primary school science. Virtual Reality, vol. 10, no. 3, pp. 163–174.

Klopfer, E. 2008. Augmented Learning. Research and Design of Mobile Educational Games. MIT Press: Cambridge, Massachusetts.

Klopfer, E. & Squire, K. 2008. Environmental Detectives - The Development of an augmented reality platform for environmental simulations. Educational Technology Research and Development, vol. 56, no. 2, pp. 203–228.

Koong Lin, H.-C., Hsieh, M.-C., Wang, C.-H., Sie, Z.-Y., Chang, S.-H. 2011. Establishment and usability evaluation of an interactive AR learning system on conservation of fish. Turkish Online Journal of Educational Technology, vol. 10, no. 4, pp. 181–187.

Kraiger, K., Ford, J.K. & Salas, E. 1993. Application of Cognitive, Skill-Based, and Affective Theories of Learning Outcomes to New Methods of Training Evaluation. Journal of Applied Psychology, vol. 78, no. 2, pp. 311–328.

Lohr, L.L. 2000. Designing the instructional interface. Computers in Human Behavior, Vol. 16, No. 2, pp. 161–182.

Mantovani, F. & Castelnuovo, G. 2003. Sense of Presence in Virtual Training: Enhancing Skills Acquisition and Transfer of Knowledge through Learning Experience in Virtual Environments. In G. Riva, F. Davide ja W.A. Ijsselstein (Eds.) Being There: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environment. Ios Press: Amsterdam, Netherlands.

Mantovani, F. 2001. VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3D Environments in Education and Training. In G. Riva & C. Galimberti (Eds.) Towards CyberPsychology: Mind, Cognition and Society in the Internet Age. IOS Press: Amsterdam.

Milgram, P. & Kishino, F. 1994. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IE-ICE Transactions on Information Systems*, vol. E77-D, no. 12, pp. 1321–1329.

Neumann, U. & Majoros, A. 1998. Cognitive, Performance, and Systems Issues for Augmented Reality Applications in Manufacturing and Maintenance. In *Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium VRAIS '98*.

Newman, J., Bornik, A., Pustka, D., Echtler, F., Huber, M., Schmalstieg, D., Klinker, G. 2007. Tracking for Distributed Mixed Reality Environments. *Proceedings of IEEE Virtual Reality Workshop Trends And Issues in Tracking Virtual Environments*, pp. 40–43.

O'Shea, P., Mitchell, R., Johnston, C. & Dede, C. 2009. Lessons Learned about Designing Augmented Realities. *International Journal for Gaming and Computer-Mediated Simulations*, vol. 1, no. 1, pp. 1–15.

Pase, S. 2012. Augmented Reality: Future Technology Here Today. *Media Psychology Spotlight*. Society for Media Psychology & Technology, Division 46 of the American Psychological Association. http://www.apa.org/divisions/div46/pase_interview.html

Prensky, M. 2007 (first published 2001). *Digital Game-Based Learning*. Paragon House: St. Paul, Minnesota.

Quarles, J., Lampotang, S., Fischler, I., Fishwick, P. & Lok, B. 2009. Scaffolded learning with mixed reality. *Computers & Graphics*, vol. 33, no. 1, pp. 34–36.

Quarles, J., Lampotang, S., Fischler, I., Fishwick, P. & Lok, B. 2008. Tangible User Interfaces Compensate for Low Spatial Cognition. *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, 8-9 March, Reno, Nevada, USA, pp. 11–18.

Radu, I. 2012. Why Should My Students User AR? A Comparative Review of the Educational Impacts of Augmented Reality. *Science and Technology Proceedings, IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2012*, 5-8 November 2012, Atlanta, Georgia, USA, pp. 313–314.

Rosenbaum, E., Klopfer, E. & Perry, J. 2007. On Location Learning: Authentic Applied Science with Networked Augmented Realities. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 31–45.

Shelton, B.E. & Hedley, N.R. 2002. Using Augmented Reality for Teaching Earth-Sun Relationships to Undergraduate Geography Students. *Proceedings of the First IEEE*

International Augmented Reality Toolkit Workshop, Darmstadt, Germany, September 2002. ACM Press.

Specht, M., Ternier, S. & Greller, W. 2011. Dimensions of Mobile Augmented Reality for Learning: A First Inventory. *Journal of the Research Center for Educational Technology (RCET)*, vol. 7, no. 1, pp. 117–127.

Squire, K. & Klopfer, E. 2007. Augmented Reality Simulations on Handheld Computers. *Journal of Learning Sciences*, vol. 16, no. 3, pp. 371–413.

Squire, K.D. & Jan, M. 2007. Mad City Mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 16, no. 1, pp. 5–29.

Valimont, R. B., Gangadharan, S. N., Vincenzi, D. A., & Majoros, A. E. 2007. The Effectiveness of Augmented Reality as a Facilitator of Information Acquisition in Aviation Maintenance Applications. *The Journal of Aviation/Aerospace Education & Research*, vol. 16, no. 2, pp. 35–43.

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y. & Liang, J.-C. 2013. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, vol. 62, March 2013, pp. 41–49.

Yuen, S. C-Y., Yaoyuneyong, G. & Johnson, E. 2011. Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, vol. 4, no. 1, pp. 119–140.

Yoon, S.A. & Wang, J. 2014. Making the Invisible Visible in Science Museums Through Augmented Reality Devices. *TechTrends*, vol. 58, no. 1, pp. 49–55.

Yoon, S., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C., Tucker, S. 2012a. Using augmented reality and knowledge-building scaffolds to improve learning in a science museum. *Computer Supported Collaborative Learning. International Journal of Computer Supported Collaborative Learning*, vol. 7, no. 4, pp. 519–541.

Yoon, S.A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C. & Van Schooneveld, J.G. 2012b. Learning Impacts of a Digital Augmentation in a Science Museum. *Visitor Studies*, vol. 15, no. 2, pp. 157–170.

Yuviler-Gavish, N., Yechiam, E. & Kallai, A. 2011. Learning in multimodal training: Visual guidance can be both appealing and disadvantageous in spatial tasks. *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 69, no. 3, pp. 113–122.

Miten lisättyä todellisuutta voi hyödyntää opetuksessa? Minkälaisten asioiden oppimisen tueksi se soveltuu? Entä minkälaisia lisätyn todellisuuden opetussovelluksia on olemassa?

Tampereen yliopiston informaatiotieteiden yksikössä on paneuduttu vuosina 2012–2014 osana Avoimuudesta voimaa oppimisverkostoihin (AVO2) -hankkeen toimintaa lisättyyn todellisuuteen ja sen hyödyntämiseen oppimisen tukena. Hankekauden aikana on käyty läpi olemassaolevaa tutkimuskirjallisuutta lisätyn todellisuuden opetuskäytöstä. Tutkimustietoa on sovellettu hankkeessa toteutetuissa koulutuksissa sekä sovelluspiloteissa. Tähän katsaukseen on koottu tiivistetysti läpikäydyn kirjallisuuden keskeisin anti. Lisäksi julkaisussa on kuvattu hankkeessa toteutettujen pilottisovellusten kehittämisprosesseja. Julkaisussa tarjotaan myös toteutusmalleja ja -vinkkejä yksinkertaisten lisätyn todellisuuden opetussovellusten toteuttajille.

Julkaisun tavoitteena on antaa hyvät lähtökohdat ja vinkkejä opetuksellisesti toimivien lisätyn todellisuuden sovellusten toteuttamiseen.

ISBN 978-951-44-9485-7 (verkkojulkaisu)

